



TUGAS AKHIR - TK145501

# **PABRIK TRINATRIUM FOSFAT DARI NATRIUM KARBONAT, NATRIUM HIDROKSIDA DAN ASAM FOSFAT DENGAN PROSES NETRALISASI ASAM FOSFAT**

NUR ZUBAIDAH  
NRP. 2314 030 012

NUR CHUMAIROH NINGSIH  
NRP. 2314 030 109

Dosen Pembimbing  
Ir. Agung Subyakto, MS.

DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



---

TUGAS AKHIR - TK145501

**PABRIK TRINATRIUM FOSFAT DARI  
NATRIUM KARBONAT, NATRIUM  
HIDROKSIDA DAN ASAM FOSFAT DENGAN  
PROSES NETRALISASI ASAM FOSFAT**

NUR ZUBAIDAH  
NRP. 2314 030 012

NUR CHUMAIROH NINGSIH  
NRP. 2314 030 109

Dosen Pembimbing  
Ir. Agung Subyakto, MS.

DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



---

**FINAL PROJECT - TK145501**

**Trinatrium Phosphate Factory of Sodium Carbonate, Sodium Hydroxide and Phosphoric Acid with Phosphoric Acid Neutralization Process**

**NUR ZUBAIDAH**  
**NRP. 2314 030 012**

**NUR CHUMAIROH NINGSIH**  
**NRP. 2314 030 109**

**Supervisor**  
**Ir. Agung Subyakto, MS.**

**DEPARTEMENT OF CHEMICAL ENGINEERING INDUSTRY**  
**Faculty of VOCATIONAL**  
**Institute Technology of Sepuluh Nopember**  
**Surabaya**  
**2017**

# LEMBAR PENGESAHAN

## LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL : PABRIK TRINATRIUM FOSFAT DARI NATRIUM KARBONAT, NATRIUM HIDROKSIDA, DAN ASAM FOSFAT DENGAN PROSES NETRALISASI ASAM FOSFAT

### TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
pada  
Departemen Teknik Kimia Industri  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

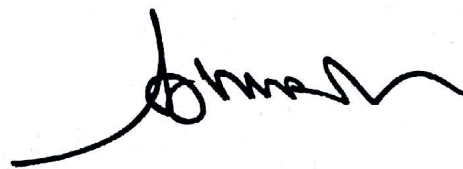
Oleh

Nur Zubaidah  
Nur Chumairoh Ningsih

(NRP 2314 030 012)  
(NRP 2314 030 109)

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

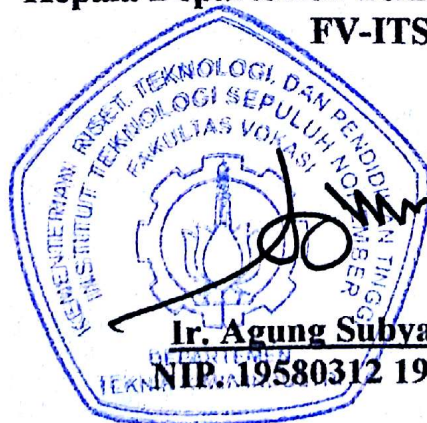
Dosen Pembimbing



Ir. Agung Subyakto, M.S.  
NIP. 19580312 198601 1 001

Mengetahui,

Kepala Departemen Teknik Kimia Industri  
FV-ITS



Ir. Agung Subyakto, M.S.  
NIP. 19580312 198601 1 001

SURABAYA, 21 JULI 2017

## LEMBAR REVISI

Telah diperiksa dan disetujui sesuai dengan hasil ujian tugas akhir pada tanggal 13 Juli 2017 untuk tugas akhir dengan judul **“Pabrik Trinatrium Fosfat Dari Natrium Karbonat, Natrium Hidroksida Dan Asam Fosfat Dengan Proses Netralisasi Asam Fosfat”**, yang disusun oleh :

**Nur Zubaidah**

**(NRP 2314 030 012)**

**Nur Chumairoh Ningsih**

**(NRP 2314 030 109)**

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Danawati Hari Prajitno, M.Pd



.....

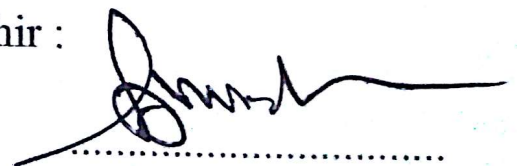
2. Nurlaili Humaidah, ST. MT.



.....

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Ir. Agung Subyakto, M.S.



.....

SURABAYA, 21 JULI 2017

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan bagi seluruh alam. Hanya dengan Rahmat dan Hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir kami yang berjudul **Pabrik Trinatrium Fosfat dari Natrium Karbonat, Natrium Hidroksida, dan Asam Fosfat dengan proses Netralisasi Asam Fosfat.**

Tugas akhir ini disusun sebagai tugas yang harus ditempuh dan diselesaikan di akhir semester ini sebagai persyaratan kelulusan Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tujuan dari pengerjaan Tugas Akhir ini adalah mahasiswa dapat memahami dan mampu mengenal prinsip-prinsip perhitungan dari peralatan-peralatan industri terutama industri kimia yang telah dipelajari di bangku kuliah serta aplikasinya dalam sebuah perencanaan pabrik.

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan serta bimbingan hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini, antara lain kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kami Rahmat, Hidayah-Nya serta memberikan kesabaran dan kekuatan yang tidak terkira kepada hamba-Nya.
2. Ayah, Ibu, adik, serta keluarga yang senantiasa telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis secara moril dan materiil serta do'a yang membuat penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan tepat waktu serta usaha yang maksimal.
3. Bapak Ir. Agung Subyakto, MS. selaku Ketua Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
4. Ibu Warlinda Eka Triastuti, S.Si., MT. Selaku Koordinator Tugas akhir Departemen Teknik Kimia

- Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
5. Bapak Ir. Agung Subyakto, MS. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
  6. Ibu Prof. Dr. Ir. Danawati Hari P., M.Pd. dan Ibu Nurlaili Humaidah, ST., MT. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
  7. Bapak Prof. Dr. Ir. Suprpto, DEA. dan Ibu Warlinda Eka Triastuti, S.Si, MT. selaku Dosen Wali kami di kampus Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
  8. Segenap Dosen, staff dan karyawan Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
  9. Rekan-rekan seperjuangan, angkatan 2014 Departemen Teknik Kimia Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
  10. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis mengucapkan mohon maaf yang sebesar-besarnya kepada semua pihak jika dalam proses dari awal sampai akhir penulisan penelitian Tugas Akhir ini ada kata-kata atau perilaku yang kurang berkenan. Terima kasih atas perhatiannya dan kerjasamanya.

Surabaya, 20 Juni 2017

Penyusun

# **Pabrik Trinatrium Fosfat Dari Natrium Karbonat, Natrium Hidroksida Dan Asam Fosfat Dengan Proses Netralisasi Asam Fosfat**

Nama Mahasiswa : 1. Nur Zubaidah 2314 030 012  
2. Nur Chumairoh Ningsih 2314 030 109  
Program Studi : Departemen Teknik Kimia Industri  
Dosen Pembimbing : Ir. Agung Subyakto, MS.

## **ABSTRAK**

*Trinatrium phosphate adalah senyawa kimia dengan rumus kimia  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ . Trinatrium phosphate juga digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan detergen, pasta gigi, sabun dan produk pembersih rumah tangga lainnya. Selain itu, Trinatrium phosphate digunakan sebagai bahan pembantu yang digunakan di proses pengolahan air untuk proses seperti utility, PDAM. Alasan pendirian pabrik Trinatrium Phosphate ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) di Indonesia adalah karena Trinatrium phosphate saat ini masih diimpor dari luar negeri.*

*Pra rancangan pabrik Trinatrium phosphate ini dengan menggunakan proses netralisasi asam phosphate. Trinatrium phosphate dibuat dari Dinatrium phosphate yang direaksikan dengan Natrium hidroksida 42% dalam reaktor berpengaduk dengan suhu  $90^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm.. Dinatrium phosphate dibuat dari Asam phosphate yang direaksikan dengan Natrium karbonat dalam reaktor 1 dengan suhu  $90^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm. Setelah itu Trinatrium phosphate dialirkan menuju evaporator untuk dipekatkan. Setelah dari evaporator, produk dialirkan ke dalam Crystallizer. Hasil dari crystallizer dibawa menuju ke rotary dryer. Produk Trinatrium phosphate yang keluar dari rotary dryer menuju screen untuk diatur ukurannya menjadi 80 mesh. Setelah lolos dari screen produk disalurkan ke gudang untuk proses packing.*

*Asam phosphate yang digunakan diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik, Natrium hidroksida yang diperoleh dari PT. Sulfindo Adiusaha Banten, dan Natrium karbonat yang diperoleh dari Negara Afrika Selatan, Botswana Ash (Pty) Ltd.. Pabrik Trinatrium phosphate ini direncanakan akan didirikan dan beroperasi pada tahun 2021 di kawasan industri Gresik, Jawa Timur dengan kapasitas 36.000 ton/tahun.*

**Kata kunci :** *Trinatrium fosfat, Asam fosfat, Natrium karbonat, Natrium Hidroksida, Netralisasi asam fosfat*



# TRINATRIUM PHOSPHATE FACTORY OF SODIUM CARBONATE, SODIUM HYDROXIDE AND PHOSPHORIC ACID WITH PHOSPHORIC ACID NEUTRALIZATION PROCESS

Name : 1. Nur Zubaidah 2314 030 012  
2. Nur Chumairoh Ningsih 2314 030 109  
Department : Departement Of Chemical Engineering Industry  
Supervisor : Ir. Agung Subyaktio, MS.

## Abstract

*Trinatrium phosphate is a chemical compound with the chemical formula  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ . In the "state of the atmosphere" Trinatrium phosphate is white, non-flammable and non-toxic. Trinatrium phosphate is also used as a key ingredient in the manufacture of detergents, toothpaste, soaps and other household cleaning products. The reason for the establishment of the Trinatrium Phosphate ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) plant in Indonesia is because Trinatrium phosphate is currently imported from abroad. Phosphate acid used is obtained from PT. Petrokimia Gresik, Sodium hydroxide obtained from PT. Sulfindo Adiusaha Banten, and Sodium carbonate obtained from South Africa, Botswana Ash (Pty) Ltd. The Trinatrium phosphate plant is planned to be established and operated in 2021 in Gresik industrial area, East Java with a capacity of 36,000 tons / year.*

*Trinatrium phosphate is prepared from Sodium phosphate reacted with Sodium hydroxide 42% in a stirred reactor with a temperature of  $90^\circ\text{C}$ . and a pressure of 1 atm. The sodium phosphate is prepared from Phosphate Acid reacted with Sodium carbonate in reactor 1 with a temperature of  $90^\circ\text{C}$ . and a pressure of 1 atm . After that the Trinatrium phosphate is passed to the evaporator for concentration. After the evaporator, the product is flown into the Crystallizer. The results of the crystallizer are brought into the rotary dryer to reduce the water content to  $40\text{-}60^\circ\text{C}$ . The product of Trinatrium phosphate out of the rotary dryer to the screen to be resized to 80 mesh. After passing from the product screen Trinatrium phosphate channeled into the warehouse using a conveyor belt for the packing process.*

**Keywords:** *Trinatrium phosphate, Phosphoric Acid, Sodium carbonate, Sodium Hydroxide, Neutralization of phosphoric acid*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b>	
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
I.1 Latar Belakang .....	I-1
I.2 Dasar Teori .....	I-8
I.3 Kegunaan Tinatrium Fosfat .....	I-9
I.4 Sifat Fisika dan Kimia .....	I-9
<b>BAB II MACAM DAN URAIAN PROSES</b>	
II.1 Macam Proses.....	II-1
II.2 Seleksi Proses .....	II-4
II.3 Uraian Proses Terpilih .....	II-4
<b>BAB III NERACA MASSA</b> .....	III-1
<b>BAB IV NERACA PANAS</b> .....	IV-1
<b>BAB V SPESIFIKASI ALAT</b> .....	V-1
<b>BAB VI UTILITAS</b>	
VI.1 Utilitas Secara Umum .....	VI-1
VI.2 Syarat Kebutuhan Air pada Pabrik Tinatrium Fosfat. ....	VI-2
VI.3 Tahapan Proses Pengolahan Air pada Pabrik Tinatrium Fosfat .....	VI-4
VI.4 Utilitas pada Pabrik Tinatrium Fosfat.....	VI-7
<b>BAB VII KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA</b>	
VII.1 Pendahuluan.....	VII-1
VII.2 Alat Pelindung Diri .....	VII-6
VII.3 Instalasi Pemadam Kebakaran .....	VII-10

VII.4 Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Area Pabrik Tinatrium Fosfat .....	VII-10
<b>BAB VIII INSTRUMENTASI</b>	
VIII.1 Insrumentasi Secara Umum.....	VIII-1
VIII.2 Jenis-jenis Alat Kontrol dalam Bidang Industri .....	VIII-4
VIII.3 Instrumentasi pada Pabrik Tinatrium Fosfat .....	VIII-6
<b>BAB IX PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA....</b>	<b>IX-1</b>
<b>BAB X KESIMPULAN.....</b>	<b>X-1</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xii</b>
<b>LAMPIRAN :</b>	
APPENDIX A NERACA MASSA .....	A-1
APPENDIX B NERACA PANAS .....	B-1
APPENDIX C SPESIFIKASI ALAT .....	C-1
Flowsheet Proses Pabrik Tinatrium Fosfat	
Flowsheet Utilitas Pabrik Tinatrium Fosfat	

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar I.1</b>	Lokasi Pabrik.....	I-7
<b>Gambar II.1</b>	Diagram Alir <i>Trinatrium Phosphate</i> dari <i>Asam Phosphate</i> , Natrium Karbonat dan Natrium Hidroksida dengan Proses Netralisasi <i>Asam Phosphate</i> .....	II-2
<b>Gambar II.2</b>	Diagram Alir <i>Trinatrium Phosphate</i> dari <i>Asam Phosphate</i> , Natrium Karbonat dan Natrium Hidroksida dengan Proses Penambahan Alkali.....	II-3

## **DAFTAR GRAFIK**

**Grafik I.1** Kurva Grafik Impor *Trinatrium Phosphate*.....5

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel I.1</b>	Data Impor <i>Trinatrium Phosphate</i> di Indonesia (Ton/tahun).....	I-4
<b>Tabel I.1</b>	Tabel Pabrik <i>Trinatrium Phosphate</i> di Luar Negeri Beserta Kapasitasnya .....	I-5
<b>Tabel II.1</b>	Perbandingan Macam-macam Proses Pembuatan <i>Trinatrium Phosphate</i> .....	II-4
<b>Tabel III.1</b>	Neraca Massa Pada Tangki Penyimpanan $H_3PO_4$ .....	III-1
<b>Tabel III.2</b>	Neraca Massa Pada Tangki Penyimpanan $Na_2CO_3$ .....	III-2
<b>Tabel III.3</b>	Neraca Massa Pada Tangki Pengenceran $H_3PO_4$ .....	III-2
<b>Tabel III.4</b>	Neraca Massa Pada Tangki Pengenceran $Na_2CO_3$ .....	III-3
<b>Tabel III.5</b>	Neraca Massa Pada Reaktor .....	III-4
<b>Tabel III.6</b>	Neraca Massa Pada <i>Vaporizer</i> .....	III-4
<b>Tabel III.7</b>	Neraca Massa Pada Absorber.....	III-5
<b>Tabel III.8</b>	Neraca Massa Pada Stripper.....	III-6
<b>Tabel III.9</b>	Neraca Massa Pada Kondensor .....	III-7
<b>Tabel III.10</b>	Neraca Massa Pada Tangki Penyimpanan $NaOH$ .....	III-7
<b>Tabel III.11</b>	Neraca Massa Pada Reaktor .....	III-8
<b>Tabel III.12</b>	Neraca Massa Pada Evaporator Effect 1 .....	III-9
<b>Tabel III.13</b>	Neraca Massa Pada Evaporator Effect 2 .....	III-10
<b>Tabel III.14</b>	Neraca Massa Pada Evaporator Effect 3 .....	III-11
<b>Tabel III.15</b>	Neraca Massa Pada <i>Crystallizer</i> .....	III-11
<b>Tabel III.16</b>	Neraca Massa Pada <i>Centrifudge</i> .....	III-12
<b>Tabel III.17</b>	Neraca Massa Pada <i>Rotary Dryer</i> .....	III-13
<b>Tabel III.18</b>	Neraca Massa Pada <i>Cyclone</i> .....	III-14
<b>Tabel III.19</b>	Neraca Massa Pada <i>Screen</i> .....	III-15
<b>Tabel III.20</b>	Neraca Massa Pada <i>Crusher</i> .....	III-16
<b>Tabel III.21</b>	Neraca Massa Pada <i>Coater</i> .....	III-17
<b>Tabel III.22</b>	Neraca Massa Pada Tangki <i>Storage</i> .....	III-17

<b>Tabel IV.1</b>	Neraca Panas <i>Heater</i> $\text{H}_3\text{PO}_4$ .....	IV-1
<b>Tabel IV.2</b>	Neraca Panas <i>Heater</i> $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .....	IV-2
<b>Tabel IV.3</b>	Neraca Panas Reaktor Alir Tangki Berpengaduk .....	IV-3
<b>Tabel IV.4</b>	Neraca Panas <i>Vaporizer</i> .....	IV-4
<b>Tabel IV.5</b>	Neraca Panas <i>Absorber</i> .....	IV-5
<b>Tabel IV.6</b>	Neraca Panas Kondensor.....	IV-6
<b>Tabel IV.7</b>	Neraca Panas stripper .....	IV-7
<b>Tabel IV.8</b>	Neraca Panas Reaktor Alir Tangki Berpengaduk .....	IV-8
<b>Tabel IV.9</b>	Neraca Panas <i>Evaporator</i> .....	IV-9
<b>Tabel IV.10</b>	Neraca Panas Barometric Kondensor.....	IV-9
<b>Tabel IV.11</b>	Neraca Panas Jet Ejector .....	IV-10
<b>Tabel IV.12</b>	Neraca Panas <i>Crytallizer</i> .....	IV-10
<b>Tabel IV.13</b>	Neraca Panas <i>Heater</i> Udara .....	IV-11
<b>Tabel IV.14</b>	Neraca Panas <i>Rotary Dryer</i> .....	IV-12
<b>Tabel VI.1</b>	Kebutuhan Air Pendingin.....	VI-8
<b>Tabel VI.2</b>	Kebutuhan Air Boiler.....	VI-9
<b>Tabel VIII.1</b>	Sistem Kontrol Pabrik Tinatrium Fosfat .....	VIII-7

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sebagai negara yang sedang berkembang, bangsa Indonesia memiliki kewajiban untuk melaksanakan pembangunan di segala bidang. Salah satunya adalah pembangunan di sektor ekonomi, yang sedang digiatkan oleh pemerintah untuk mencapai kemandirian perekonomian nasional. Untuk mencapai tujuan ini pemerintah menitikberatkan pada pembangunan di sektor industri. Secara garis besar, pembangunan dibagi atas dua bagian yakni pembangunan material dan pembangunan spiritual. Pada saat ini pembangunan material dititikberatkan pada sektor industri kimia sebagai landasan industrialisasi di negara kita. Pembangunan industri diarahkan untuk menuju kemandirian perekonomian nasional, meningkatkan kemampuan bersaing dan menaikkan pangsa pasar dalam negeri dan luar negeri dengan memelihara kelestarian fungsi lingkungan hidup. Pembangunan industri juga ditujukan untuk memperkuat struktur ekonomi nasional dengan keterkaitan yang kuat dan saling mendukung antar sektor, meningkatkan daya tahan perekonomian nasional, memperluas lapangan kerja dan kesempatan usaha sekaligus mendorong berkembangnya kegiatan berbagai sektor pembangunan lainnya.

Salah satu produk yang dibutuhkan saat ini adalah *Trinatrium Phosphate* ( $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ). *Trinatrium Phosphate* merupakan bahan yang sangat penting dalam dunia industri dan rumah tangga. Dalam industri, *Trinatrium Phosphate* digunakan sebagai *antiseptic cleaner* yang sangat baik dalam industri pengolahan pangan. Dalam rumah tangga, *Trinatrium Phosphate* digunakan sebagai pembersih barang pecah belah dan campuran pembersih tangan dan wajah. Selain digunakan sebagai pembersih, *Trinatrium Phosphate* juga baik digunakan untuk mengendapkan magnesium, besi dan kalsium pada pengolahan air pada utilitas. Dalam boiler *water treatment*, *Trinatrium Phosphate* dapat digunakan untuk mencegah pembentukan kerak.





Selain itu dalam dunia perdagangan, *Trinatrium Phosphate* banyak dimanfaatkan untuk industri pembuatan detergen sebagai bahan baku utama. Kebutuhan detergen di Indonesia tiap tahun mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan kenaikan jumlah penduduk tiap tahunnya. Dengan meningkatnya jumlah penduduk, maka kebutuhan detergen akan meningkat pula. Demikian halnya dengan meningkatnya tingkat kesadaran penduduk dalam menjaga kebersihan, salah satunya dalam mencuci menggunakan detergen.

Pemenuhan kebutuhan *Trinatrium Phosphate* di Indonesia, saat ini masih diimpor dari luar negeri. Untuk mengurangi ketergantungan pada *Trinatrium Phosphate* impor, maka cukup tepat untuk mendirikan pabrik *Trinatrium Phosphate* di Indonesia. Disamping itu asam fosfat sebagai bahan baku dapat diperoleh di Indonesia sendiri. Maka berdasarkan pertimbangan tersebut, pabrik *Trinatrium Phosphate* dapat didirikan di Indonesia sehingga kebutuhan dalam negeri dapat terpenuhi, menghemat devisa negara dan membuka lapangan kerja sehingga mengurangi tingkat pengangguran.

### 1.1.1 Sejarah *Trinatrium Phosphate*

*Trinatrium Phosphate* digunakan sebagai agen pembersih, makanan aditif, dan penghilang noda. *Trinatrium Phosphate* berwarna putih berbentuk butiran atau kristal padat dan sangat larut dalam air menghasilkan larutan alkali. Secara umum *Trinatrium Phosphate* disintesis dari *dinatrium phosphate*, sehingga sebagian terhidrasi menjadi *Trinatrium Phosphate* anhidrat sampai terbentuk *Trinatrium Phosphate* ( $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ). *Trinatrium Phosphate* paling sering ditemukan dalam bentuk bubuk putih, yang sering disebut *Trinatrium Phosphate* atau hanya *natrium fosfat*. *Trinatrium Phosphate* banyak digunakan dalam pembuatan berbagai macam sabun dan deterjen.

Kegunaan utama dari *Trinatrium Phosphate* adalah sebagai agen pembersih, pH larutan *Trinatrium Phosphate* 1% adalah 12,



dan sifat kelarutannya cukup basa untuk saponifikasi lemak dan minyak. Dalam kombinasi dengan surfaktan, *Trinatrium Phosphate* merupakan agen yang sangat baik untuk membersihkan segala sesuatu pengotor. Hal ini sangat efektif dengan harga produksi yang rendah sehingga membuat *Trinatrium Phosphate* lebih disukai untuk sejumlah besar produk pembersih yang dijual di pertengahan abad ke-20. *Trinatrium Phosphate* masih dijual dan digunakan sebagai agen pembersih, tetapi selama akhir 1960-an di Amerika Serikat, terjadi pemakaian yang berlebihan sehingga menyebabkan serangkaian masalah ekologi.

### **I.1.2 Alasan Pendirian Pabrik**

Pemenuhan kebutuhan *Trinatrium Phosphate* ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) di Indonesia, saat ini masih diimpor dari luar negeri. Untuk mengurangi ketergantungan pada *Trinatrium Phosphate* ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) impor, maka cukup tepat untuk mendirikan pabrik *Trinatrium Phosphate* ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) di Indonesia. Disamping itu asam fosfat sebagai bahan baku dapat diperoleh di Indonesia sendiri. Maka berdasarkan pertimbangan tersebut, pabrik *Trinatrium Phosphate* ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) dapat didirikan di Indonesia sehingga kebutuhan dalam negeri dapat terpenuhi, menghemat devisa negara dan membuka lapangan kerja sehingga mengurangi tingkat pengangguran.

### **I.1.3 Ketersediaan Bahan Baku**

Bahan baku pembuatan *Trinatrium Phosphate* ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) adalah asam fosfat, natrium karbonat, dan natrium hidroksida. Asam fosfat diperoleh dari PT Petrokimia Gresik dengan kapasitas 400.000 ton/tahun. Pabrik yang memproduksi natrium hidroksida adalah PT. PT. Sulfindo Adiusaha, Banten dengan kapasitas 320.000 ton/tahun, sedangkan kebutuhan natrium karbonat diperoleh dari impor Negara Afrika Selatan, Botswana Ash (Pty) Ltd. dengan kapasitas 400.000 ton/tahun.



### 1.1.4 Penentuan Kapasitas Pabrik

Faith and Keyes dalam “*Industrial Chemical*” menyebutkan bahwa kapasitas yang disyaratkan secara ekonomi menguntungkan untuk *Trinatrium Phosphate* adalah 7000 – 300.000 ton/tahun.

Dalam pendirian suatu pabrik, analisa pasar untuk penentuan kapasitas pabrik adalah penting. Dengan kapasitas yang ada maka dapat ditentukan perhitungan neraca massa, neraca panas, spesifikasi alat dan analisa ekonomi. Bahan baku yang digunakan oleh pabrik *Trinatrium fosfat* ini adalah asam fosfat dan sodium hidroksida.

Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam pendirian pabrik *Trinatrium Phosphate* adalah kapasitas pabrik. Pabrik *Trinatrium Phosphate* direncanakan akan mulai beroperasi pada tahun 2021, dengan mengacu pada pemenuhan kebutuhan impor. Berikut merupakan data mengenai impor *Trinatrium Phosphate* di Indonesia yang disajikan pada **Tabel I.1**.

**Tabel 1.1** Data Impor *Trinatrium Phosphate* di Indonesia  
(Kg/Tahun)

Tahun	Impor
2011	2.842.664
2012	2.127.270
2013	2.000.941
2014	1.750.727
2015	2.095.225

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2016)

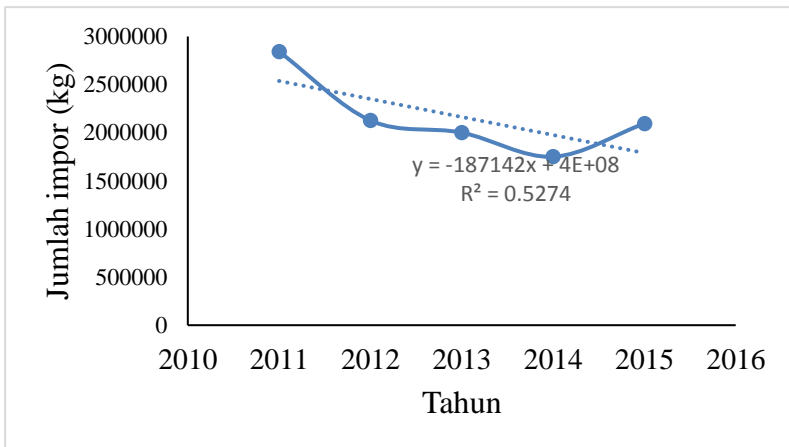
Dibawah ini dapat dilihat data kapasitas produksi pabrik *Trinatrium Phosphate* pada tahun 2015 dalam bentuk tabel sebagai berikut:



**Tabel 1.2** Tabel Pabrik *Trinatrium Phosphate* di Luar Negeri Beserta Kapasitasnya

Negara	Perusahaan	Kapasitas (ton/tahun)
Cina	Sinchuan Chuanxi Xingda Chemical Co, Ltd.	80.000
Cina	Sinchuan Pengshan Pioneer Chemical	70.000
Cina	Thernphos Xuzhou Chemical Co, Ltd.	65.000
Cina	Shifang City Changjiang Chemical Co,	50.000
Cina	Ningbo Bayee Chemical Co, Ltd.	35.000
Jerman	Dow Buna Sow Leuna	45.000

(Sumber : Mc. Ketta, JJ & USGS Minerals Yearbook)



**Grafik 1.1** Kurva Grafik Impor *Trinatrium Phosphate*

Dari **Grafik 1.1** didapatkan persamaan regresi linier untuk memprediksi jumlah impor untuk memenuhi kebutuhan *Trinatrium Phosphat* tahun 2021 :

$$\begin{aligned} Y &= -187142x + 4E+08 \\ &= -187142(2021) + 4E+08 \\ &= -378213982 + 4E+08 \end{aligned}$$



$$= 21.786.018 \text{ kg/tahun}$$

$$= 21.786 \text{ ton/tahun}$$

Kapasitas pabrik :

$$= 165\% \times 21.786 \text{ ton/tahun}$$

$$= 35.946,9 \text{ ton/tahun}$$

$$= 36.000 \text{ ton/tahun}$$

Dari prediksi impor tahun 2021 tersebut, pabrik direncanakan dapat memenuhi 165% dari jumlah impor tersebut yaitu sejumlah 36.000 Ton.

### 1.1.5 Penentuan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik sangat penting dalam menentukan kelangsungan hidup suatu pabrik. Pada dasarnya ada 2 faktor yang menentukan dalam pemilihan lokasi pabrik yaitu:

#### 1. *Faktor Primer*

- a. Letak pabrik terhadap bahan baku dan daerah pemasaran.
- b. Tersedianya tenaga kerja
- c. Tersedianya utilitas (sumber air dan tenaga listrik)

#### 2. *Faktor Sekunder*

- a. Harga tanah dan gedung
- b. Kemungkinan perluasan pabrik
- c. Iklim
- d. Komunikasi

Dalam perancangan ini lokasi yang dipilih adalah di daerah Gresik, Jawa Timur, dengan pertimbangan sebagai berikut:

#### 1. Persediaan bahan baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan suatu pabrik, sehingga pengadaan bahan baku sangat diperhatikan. Lokasi di Gresik sangat tepat karena dekat dengan PT Petrokimia Gresik yang menghasilkan asam fosfat dengan kapasitas



400.000 ton/tahun dan PT. PT. Sulfindo Adiusaha, Banten dengan kapasitas 320.000 ton/tahun sebagai bahan baku pembuatan *Trinatrium Phosphate*.

2. Pemasaran produk

Lokasi pabrik di Gresik sangat strategis untuk pemasaran *Trinatrium Phosphate* karena dekat dengan pelabuhan sehingga jalur distribusi pemasaran dan pengiriman akan lebih mudah.

3. Penyediaan air

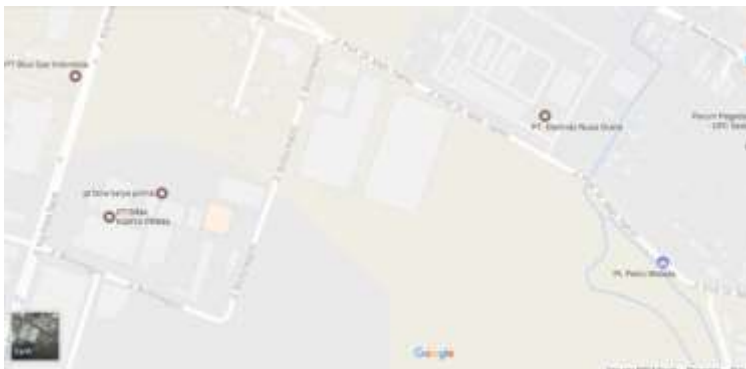
Air diperoleh dari sungai Gresik dimana dilakukan proses pengolahan awal terlebih dahulu.

4. Tersedianya tenaga kerja

Tenaga kerja yang terampil dan terdidik dapat dipenuhi karena banyak sekolah-sekolah kejuruan yang mendidik tenaga-tenaga terampil yang siap pakai.

5. Faktor-faktor lain

Daerah Gresik merupakan kawasan industri sehingga hal-hal yang sangat dibutuhkan bagi kelangsungan proses produksi suatu pabrik telah tersedia dengan baik, seperti: sarana transportasi, energi dan keamanan, lingkungan, serta faktor sosial.



**Gambar I.1** Lokasi Pembangunan Pabrik *Trinatrium Phosphate*



## 1.2 Dasar Teori

### 1.2.1 Natrium Karbonat

Natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) adalah garam natrium netral dari asam karbonat. Ini adalah salah satu bahan baku paling penting yang digunakan dalam industri kimia. Selain itu natrium karbonat telah dikenal oleh manusia sejak zaman kuno. Natrium karbonat memiliki banyak kegunaan bahkan digunakan sebagai pembersih dan pembuatan kaca. (Ullmann, 2003).

Natrium karbonat (*soda ash*) digunakan pembuatan dalam bubuk detergen dan untuk pelunakan air dalam proses pencucian. Natrium karbonat juga digunakan pada produk pembersih rumah tangga. Produk natrium karbonat yang tersedia untuk konsumen pada masa kuno digunakan untuk merendam pakaian, mencuci piring, pembersih lantai dan untuk perawatan pribadi. Jumlah natrium karbonat yang digunakan dalam produk pembersih rumah tangga di Eropa diperkirakan sebesar 550.000 ton/tahun (Hera, 2005).

### 1.2.2 Natrium Hidroksida

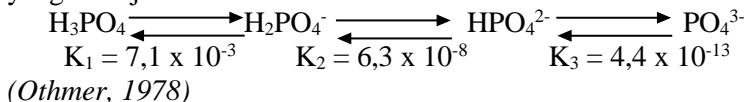
Natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) berbentuk padat.  $\text{NaOH}$  tidak dihasilkan di alam, tetapi diproduksi dalam skala besar dimana dibuat dari bahan baku yang cukup mudah diperoleh dan banyak digunakan dalam proses kimia. Karena  $\text{NaOH}$  bersifat korosif maka disebut sebagai soda kaustik. Larutan natrium hidroksida adalah salah satu bahan kimia yang sudah ada dari zaman dahulu. Natrium hidroksida murni sangat higroskopis dan larut dalam air dengan pembebasan panas. Ketika menyimpan larutan natrium hidroksida, wadah yang digunakan harus dipanaskan karena titik leleh dari hidrat jauh lebih besar dari  $0^\circ\text{C}$  (Ullmann, 2003)

### 1.2.3 Asam Phosphate

Asam fosfat ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) adalah nilai tertinggi dari asam anorganik yang dipasarkan di United States, dan kedua terbesar dalam hal volume (setelah asam sulfat). Asam fosfat lebih kuat dari pada asetat, oksalat, silikat dan lebih lemah dari pada sulfat,



nitrit, klorida dan asam krom. Asam fosfat merupakan asam basa dimana ion hidrogen pertama memiliki ion yang sangat kuat, yang kedua cukup lemah dan yang ketiga sangat lemah seperti yang ditunjukkan oleh uraian berikut ini :



### I.2.4 *Trinatrium Phosphate*

Trinatrium fosfat adalah agen pembersih, makanan aditif, dan penghilang noda. Trinatrium fosfat berwarna putih berbentuk butiran atau kristal padat dan sangat larut dalam air menghasilkan larutan alkali. Secara umum trinatrium fosfat disintesis dari dinatrium fosfat sehingga sebagian terhidrasi menjadi trisodium fosfat anhidrat sampai terbentuk trinatrium fosfat ( $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ). Trinatrium fosfat paling sering ditemukan dalam bentuk bubuk putih, yang sering disebut trinatrium ortofosfat atau hanya natrium fosfat. Trinatrium fosfat banyak digunakan dalam pembuatan berbagai macam sabun dan deterjen.

## I.3 *Kegunaan Produk*

*Trinatrium phosphate* dapat digunakan untuk:

1. Bahan baku pembuatan deterjen.
2. *Antiseptic cleaner* yang baik dalam industri pengolahan pangan.
3. Pengolahan air.

## I.4 *Sifat-sifat Fisis dan Kimia*

### I.4.1 *Bahan Baku Utama*

1.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

Nama	: natrium karbonat, soda abu
Rumus molekul	: $\text{Na}_2\text{CO}_3$
Berat molekul	: 106 g/mol
Spesific gravity	: 2,533 gram/cm <sup>3</sup>
Sifat fisis	: - berwujud padat



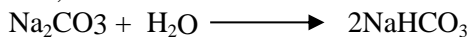


- berwarna putih
- larut dalam air tetapi tidak larut dalam alkohol
- tidak mudah terbakar
- titik leleh =  $851^{\circ}\text{C}$
- $C_p$  pada tekanan konstan =  $26,41 \text{ kal/}^{\circ}\text{Cmol}$
- Kelarutan pada air pada suhu:
  - $32^{\circ}\text{C}$  =  $31,26 \text{ g Na}_2\text{CO}_3/100 \text{ g}$  larutan
  - $105^{\circ}\text{C}$  =  $31,15 \text{ g Na}_2\text{CO}_3/100 \text{ g}$  pelarut

(Perry, 1997)

Sifat kimia :

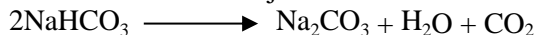
1. Bersifat higroskopis
2. Jika natrium karbonat disimpan dalam kondisi lembab, alkalinitas menurun



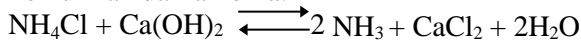
3. Pengendapan bikarbonat oleh karbon dioksida.



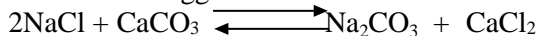
4. Perubahan bikarbonat menjadi natrium karbonat



5. Pemulihan dari amonia.



Natrium klorida direaksikan dengan kalsium karbonat sehingga dihasilkan natrium karbonat



(Ullmann, 2003)

## 2. $\text{H}_3\text{PO}_4$

Nama : *ortho phosphoric acid*

Rumus molekul :  $\text{H}_3\text{PO}_4$

Berat molekul :  $98 \text{ kg/kmol}$

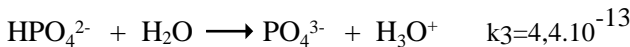
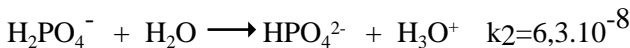


- Specific gravity : 1,834 gram/cm<sup>3</sup>  
Sifat fisis : - wujud cair  
- tidak berwarna, transparan  
- larut dalam alkohol dan air  
- titik didih = 213°C  
- titik leleh = 42,35°C  
- Kelarutan pada air pada suhu :  
• 26 °C = 2340

(Perry, 1997)

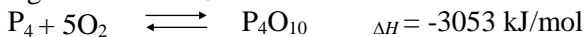
Sifat kimia :

- a. Merupakan asam tribasa, pelepasan ion hidrogen yang pertama adalah ionisasi yang paling hemat. Ionisasi kedua adalah sedang dan yang ketiga sudah lemah. Hal ini bisa dilihat dari ketetapan penguraian ionisasi:



Asam fosfat lebih kuat dari asam asetat, asam oksalat, dan asam boraks, tetapi lebih lemah dibandingkan asam nitrat, asam sulfat, dan asam klorida. Asam fosfat dapat dibuat garam dengan mudah melalui satu atau lebih atom hidrogen.

- b. Pembakaran dilakukan dengan udara berlebih untuk menghasilkan P<sub>4</sub>O<sub>10</sub>



- c. Hidrasi dari P<sub>4</sub>O<sub>10</sub> membentuk H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>



(Ullmann, 2003)

### 3. NaOH

- Nama : natrium hidroksida, soda api  
Rumus molekul : NaOH

Berat molekul : 40 kg/kmol  
Specific gravity : 2,13 gram/cm<sup>3</sup>  
Sifat fisis : - berwujud padat  
- berwarna putih  
- titik leleh = 318,4°C  
- titik didih = 1390°C  
- larut dalam air  
- larut dalam alkohol, eter, dan gliserin  
- Kelarutan pada air pada suhu :  
• 0 °C = 42  
• 100 °C = 347  
(Perry, 1997)

Sifat kimia :

- Bersifat sangat higroskopis
- Larut dalam air dan bersifat eksoterm  
(Ullmann, 2003)

### 1.4.2 Produkt

#### 1.4.2.1 Produk Utama

$\text{Na}_3\text{PO}_4$   
 Nama : *Trinatrium Phosphate*  
 Rumus molekul :  $\text{Na}_3\text{PO}_4$   
 Berat molekul : 163,94 g/mol  
 Sifat fisis : 
 

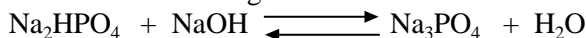
- berwarna putih
- bentuk kristal trigonal
- larut dalam air dan tidak larut dalam karbon disulfida
- titik leleh =  $73,4^\circ\text{C}$  (pada  $P = 1 \text{ atm}$ )
- $\text{pH} = 12$  (larutan 1%)
- Kelarutan pada air pada suhu :
  - $0^\circ\text{C}$  = 1,5 g/100 mL
  - $25^\circ\text{C}$  = 8,8 g/100 mL

*(MSDS)*

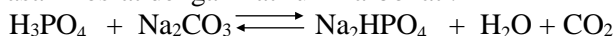


Sifat kimia :

- a. *Trinatrium Phosphate* dihasilkan dari reaksi antara dinatrium fosfat dengan natrium hidroksida :



- b. Dinatrium *phosphate* dihasilkan dari reaksi antara asam fosfat dengan natrium karbonat :



(Faith, 1975)

#### 1.4.2.2 Produk Samping

$\text{CO}_2$

Nama : karbon dioksida

Rumus molekul :  $\text{CO}_2$

Berat molekul : 44,01 kg/mol

Sifat fisis : - tidak berwarna

- wujud gas

- titik leleh =  $-56,6^\circ\text{C}$  pada  
5,2 atm

- titik didih =  $-78,5^\circ\text{C}$

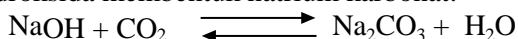
- Kelarutan pada air pada suhu :

•  $0^\circ\text{C}$  = 179,7

(Perry, 1997)

Sifat kimia :

- a. karbon dioksida bereaksi dengan natrium hidroksida membentuk natrium karbonat:



(Vogel, 1985)



Halaman ini sengaja dikosongkan

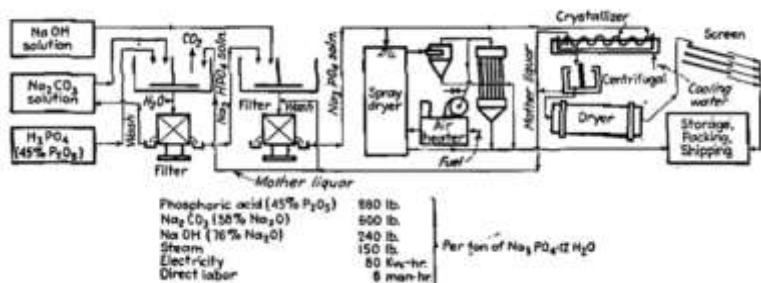
## BAB II

## II.1. Macam Proses

Beberapa tahun perkembangan dalam teknologi, pembuatan trinatrium fosfat ini dapat dilakukan dengan dua macam cara atau proses dan dengan bahan baku yang digunakan sama. Adapun proses yang digunakan dalam pembuatan trinatrium fosfat adalah:

- Proses netralisasi asam *phosphate*
- Proses Alkali

### II.1.1 Proses Netralisasi Asam *Phosphate*



**Gambar II.1** Diagram Alir Trinatrum Phosphate dari Asam *Phosphate*, Natrium Karbonat dan Natrium Hidroksida Dengan Proses Netralisasi Asam *Phosphate*

Sodium karbonat dimasukkan ke dalam tangki pencampuran, antara larutan air atau larutan yang dibuat dengan cairan panas dari evaporator atau mother liquor yang berasal dari filtrasi. Asam fosfat ( 60-65%) ditambahkan pada permukaan tangki, jadi karbon dioksida dapat dibebaskan dengan mudah. Ditambahkan sedikit kelebihan dari natrium karbonat dan larutan dipanaskan dengan steam sampai semua karbon dioksida telah menghilang. larutan dinatrium fosfat yang dihasilkan kemudian disaring oleh panas (85-100°C) dan dibagi menjadi dua bagian.

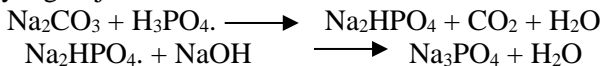


Sejumlah kecil lumpur putih, yang terdiri dari silika, besi dan aluminium fosfat tetap dalam filter dan dibuang. Jika trisodium fosfat dibuat, bagian larutan bebas dari dinatrium fosfat, mengandung 14,5% fosfor pentoksida dan 13% natrium oksida di pompa ke tangki proses trisodium fosfat.

Larutan dinatrium fosfat yang panas yang keluar dari reaktor pertama masuk kedalam tangki pembuatan trisodium fosfat dan ditambahkan 42% larutan natrium hidroksida. Didalam tangki pembuatan trisodium fosfat dipertahankan suhunya sekitar 90°C. Larutan trisodium fosfat akan dipekatkan dengan menggunakan evaporator *double-effect*. Larutan trisodium fosfat dikeluarkan dari bagian bawah evaporator. Larutan trisodium fosfat yang panas disaring untuk dihilangkan dari impuritisnya lalu dilewatkan ke dalam crystalizer sehingga akan terbentuk kristal trisodium fosfat. Mother liquor keluaran dari *crystallizer* akan dimasukkan ke salah satu tangki daur ulang.

Kristal menetap dari trisodium fosfat dipisahkan dari sisa mother liquor pada filter vakum rotary. Kristal selanjutnya dikeringkan pada rotary dryer (dibawah 70°C) di screen dan di packing. Dari drying dengan suhu 100°C, hidrat kehilangan 11 molekul dari air ke yield trisodium fosfat monohidrat. Trisodium fosfat diperoleh 90-95% yield berdasarkan berat dari beban asam fosfat.

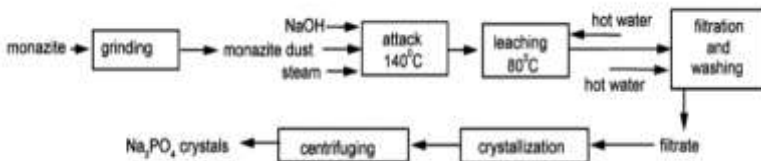
Reaksi yang terjadi:



(Sherve, 1956)



### II.1.2. Proses dengan Penambahan Katalis Basa



**Gambar II.2** Diagram Alir *Trinatrium Phosphate* dengan Proses Alkali

Pasir tanah monasit dihaluskan dalam ball mill untuk menghasilkan ukuran 300 mesh menggunakan classifier udara. Pasir tanah di 1/2 ton batch dicampur dengan larutan kaustik 50% dan massa yang dihasilkan diumpankan ke tangki baja ringan kerucut dan dipanaskan sampai sekitar 150°C dengan penambahan soda kaustik segar pada rasio sekitar 1: 1 . Konsentrasi akhir soda kaustik untuk melarutkan pasir monasit adalah sekitar 65 sampai 70%. Campuran diaduk dalam reaksi yang berlangsung selama sekitar 3 sampai 4 jam.

Larutan trisodium fosfat dimasukkan ke dalam tangki yang mengandung cairan encer pencuci dari tempat pemisahan sebelumnya, dan *slurry* dipanaskan sekitar 90°C dan densitas disesuaikan sekitar 30°Be. *Slurry* tersebut dibiarkan mengendap selama sekitar 12 jam ketika cairan supernatan yang mengandung sebagian besar trisodium fosfat dan kelebihan soda kaustik dipisahkan dan dikirim ke bagian pemulihan trinatrium fosfat. Hidroksida dicuci sekali lagi dengan air panas dan dibiarkan mengalir, dan cairan supernatan dipisahkan untuk digunakan kembali untuk ekstraksi trisodium fosfat berikutnya.

Larutan dari trisodium fosfat dan soda kaustik dari tangki dekantasi disaring dan dimasukkan ke vakum untuk dikristalisasi. Dalam *crystallizer*, larutannya didinginkan dalam dua tahap dari sekitar 70°C hingga 20°C, pada suhu tersebut sebagian besar trisodium fosfat mengkristal. Campuran kristal trisodium fosfat





dan larutan soda kaustik encer dimasukkan ke *centrifuge* secara kontinyu dan trisodium fosfat dipisahkan lalu dikeringkan dalam pengering dengan menggunakan udara panas.

**Tabel II.1** Perbandingan Macam-macam Proses Pembuatan  
*Trinatrium Phosphate*

Tinjauan	Macam proses	
	Netralisasi Asam Fosfat	Alkali
<b>Temperature</b>	85°C - 100°C	150°C
<b>Bahan Baku</b>	Natrium karbonat, Asam fosfat, dan natrium hidroksida	Batu <i>Monazite</i> , Natrium hidroksida
<b>Biaya</b>	Biaya produksi relatif murah (prospek keuntungan cukup )	Biaya produksi cukup mahal karena adanya penggunaan batu monazite

Dari tinjauan proses pembuatan trinatrium fosfat diatas maka dapat kami tarik kesimpulan bahwa proses yang dipilih adalah proses pembuatan trinatrium fosfat dengan proses netralisasi asam phosphate dengan faktor pertimbangan:

- Proses yang digunakan lebih sederhana
- Produk samping dapat dijual
- Biaya produksi lebih murah

## II.2 Uraian Proses Terpilih

Proses pembuatan trinatrium fosfat secara garis besar dibagi menjadi 6 tahap proses yaitu:

- Persiapan bahan baku
- Pembentukan larutan disodium *phosphate*
- Pembentukan larutan trinatrium *phosphate*
- Pengkristalan produk trinatrium *phosphate*
- Pengeringan trinatrium *phosphate*
- Pengambilan produk (packing)



### II.2.1 Penyiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan trinitrium fosfat adalah natrium karbonat, asam fosfat, dan natrium hidroksida. Untuk keperluan ini digunakan natrium karbonat 30%, asam fosfat 62%, dan natrium hidroksida 42%. Bahan baku asam fosfat disimpan dalam tangki penyimpanan asam fosfat pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm, kemudian dialirkan menggunakan pompa dan diencerkan dalam tangki berpengaduk sampai kadarnya menjadi 62% dari kadar mula-mula 74%. Asam fosfat dipompa menggunakan pompa jenis sentrifugal sampai tekanan menjadi 1 atm menuju reaktor 1 dan dinaikkan suhunya menjadi 90°C dengan menggunakan heat exchanger. Bahan baku natrium karbonat diangkut dari gudang pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm menggunakan belt conveyor, selanjutnya secara vertikal diangkut menggunakan bucket elevator menuju feed bin sebagai tempat penyimpanan sementara. Feed bin berupa silinder tegak terbuka dengan dasar berbentuk conis dilengkapi dengan weight feeder untuk mengatur laju umpan ke tangki pelarutan. Natrium karbonat dari feed bin (FB) dilarutkan pada tangki berpengaduk untuk dilakukan pengenceran sampai konsentrasi natrium karbonat menjadi 30% serta menaikkan suhu larutan menjadi 90°C dengan menggunakan heat exchanger. Selanjutnya dialirkan ke reaktor 1 menggunakan pompa bertekanan sampai tekanan menjadi 1 atm. Bahan baku natrium hidroksida yang berada didalam tangki dengan konsentrasi 42% dengan tekanan 1 atm. Natrium hidroksida pada tangki berpengaduk dinaikkan suhu larutan menjadi 90°C dengan menggunakan heat Exchanger. Natrium hidroksida dipompa menggunakan pompa jenis sentrifugal sampai tekanan menjadi 1 atm menuju reaktor 2.

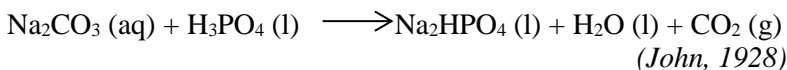
### II.2.2 Pembentukan Dinatrium *Phosphate*

Larutan asam fosfat dialirkan ke dalam reaktor direaksikan dengan natrium karbonat. Reaktor yang digunakan adalah mixed flow reactor yang dilengkapi dengan pengaduk. Sebagai media pendingin digunakan air dengan suhu masuk 30°C. Kondisi

---



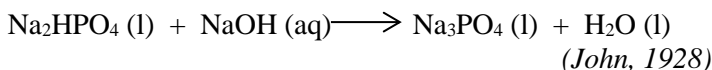
operasi reaktor pada suhu 90°C dan tekanan 1 atm. Reaksi yang terjadi dalam reaktor 1 adalah:



Hasil reaksi berupa gas  $\text{CO}_2$  akan dipisahkan dengan menggunakan absorpsi. Sebelum masuk ke absorpsi akan diubah ke fase uap terlebih dahulu didalam vaporizer. Dinatrium fosfat dan  $\text{CO}_2$  akan masuk dari bagian bawah lalu dipisahkan dengan pelarut yang digunakan adalah  $\text{K}_2\text{CO}_3$ . Setelah dari absorpsi menghasilkan larutan  $\text{KHCO}_3$  yang akan masuk ke dalam stripper untuk memisahkan antara dinatrium fosfat dan  $\text{KHCO}_3$  dan larutan dinatrium fosfat yang akan keluar dari bagian atas tersebut akan masuk ke dalam kondensor untuk dirubah ke fase cair kembali. Setelah itu larutan dinatrium fosfat akan masuk ke dalam reaktor 2 dan larutan  $\text{KHCO}_3$  akan dipisahkan dalam stripper antara  $\text{CO}_2$  dan  $\text{K}_2\text{CO}_3$ .

### II.2.3 Pembentukan Trinatrium Phosphate

Larutan dinatrium fosfat keluar dari stripper selanjutnya dialirkan menggunakan pompa ke reaktor 2 untuk direaksikan dengan natrium hidroksida 42%. Reaktor 2 juga dilengkapi dengan pengaduk. Kondisi operasi reaktor pada suhu 90°C dan tekanan 1 atm. Dalam reaktor 2 terjadi reaksi:



Trinatrium fosfat hasil reaksi dialirkan menggunakan pompa menuju evaporator.

### II.2.4 Pengkristalan Trinatrium Phosphate

Larutan pekat (slurry) trinatrium fosfat keluar Reaktor dan selanjutnya diumpankan ke Evaporator untuk dipekatkan menjadi suhu 100°C dengan pemanas steam. Pada suhu ini sebagian air menguap sebagai produk atas, berupa uap dan



dialirkan ke unit pengolahan lanjut dimana sebelumnya diimbunkan dahulu dengan kondensor.

Cairan pekat jenuh produk bawah keluar Evaporator, dialirkan ke dalam *Crystallizer* untuk dikristalkan dengan mendinginkan cairan jenuh tersebut sampai suhu 55°C. Sedangkan uapnya dikondensasi pada barometrik kondensor (BK). Produk keluar *Crystallizer* berupa kristal trinitrium fosfat dan mother liquornya. Produk keluar *Crystallizer* diumpankan ke dalam *Centrifugal Filter* untuk dipisahkan kristalnya dengan *mother liquor* yang masih melekat. *Mother liquor* yang terpisah akan dialirkan kedalam bak penampung kemudian dilarutkan dengan menggunakan steam untuk menaikkan suhu nya menjadi 90°C sehingga mother liquor nya dapat direcycle menuju reaktor 2. Sedangkan hasil berupa Kristal *trinitrium fosfat* dibawa menuju *Rotary Dryer* untuk mengurangi kadar air sampai 0,5% berat.

### II.2.5 Pengeringan Produk *Trinitrium Phosphate*

Di *Rotary Dryer*, pengurangan kadar air dilakukan dengan menghembuskan udara panas dengan suhu 40-60°C. Udara panas disiapkan dari udara luar yang disaring terlebih dahulu dengan Filter udara kemudian di hembuskan blower ke *Heat Exchanger*. Pemanasan udara di *Heat Exchanger* dipanaskan dengan steam dari suhu 30°C sampai 40-60°C.

### II.2.6 Pengambilan Produk

Trinitrium Fosfat yang keluar *Rotary Dryer* diangkut secara vertikal menggunakan bucket elevator yang selanjutnya menuju screen untuk diatur ukurannya menjadi 80 mesh, yang yang berukuran under size atau over size akan dialirkan masuk ke dalam bak penampung yang kemudian di recycle untuk dapat di recycle ke dalam reaktor 2. Setelah produk yang lolos dari screen akan masuk ke dalam coater dimana didalam coater akan ada pelapisan menggunakan coating untuk mencegah agar produk menyerap air kembali.

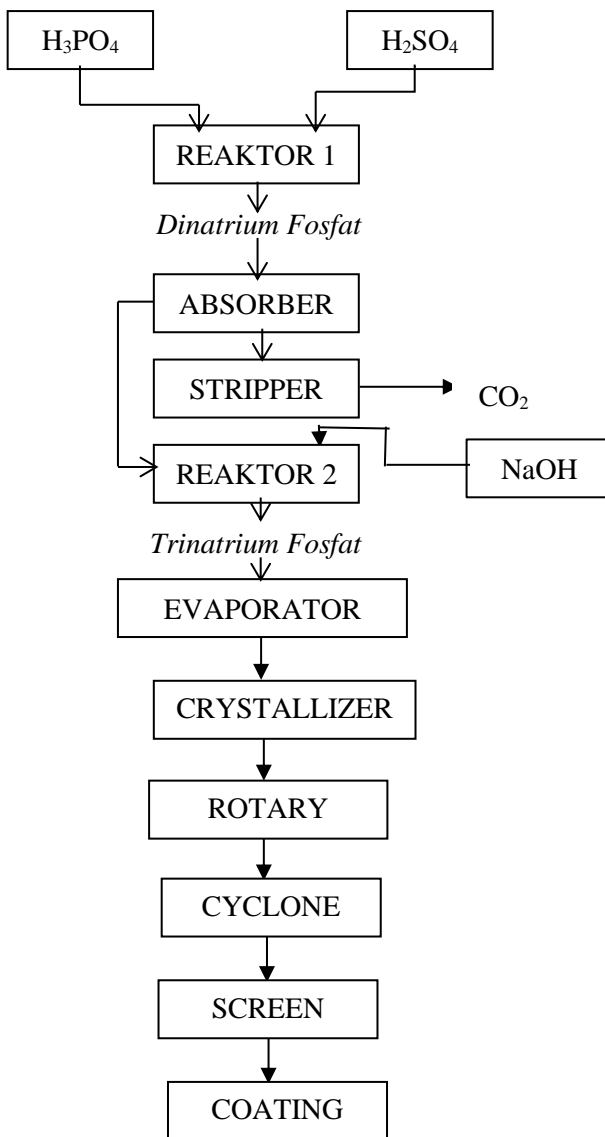
---



Pengambilan hasil Kristal *trinatrium fosfat* yang telah kering kemudian dimasukkan ke dalam silo. Selanjutnya dilakukan proses packing produk kedalam bentuk sak-sak menggunakan alat pempackingan.



### II.3 Blok Diagram Proses Terpilih





Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

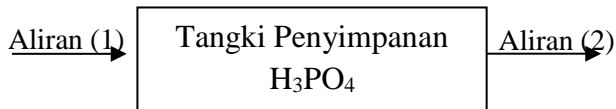
### BAB III NERACA MASSA

Kapasitas pabrik	= 36000 ton $\text{Na}_3\text{PO}_4$ /tahun
	= 109 ton $\text{Na}_3\text{PO}_4$ /tahun
	= 109090,9091 kg $\text{Na}_3\text{PO}_4$ /hari
Kondisi operasi	= 330 hari
Satuan massa	= kg
Basis waktu	= 1 jam
Basis bahan baku	= 116021,5923 Kg

#### Perhitungan Neraca Massa

##### 1. Tangki Penyimpanan $\text{H}_3\text{PO}_4$ (F-111)

Fungsi : Untuk menyimpan asam fosfat sebagai bahan baku pembuatan trisodium fosfat.

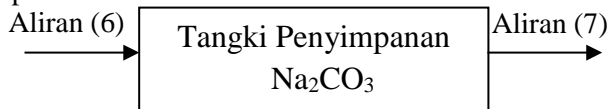


**Tabel III-1** Neraca Massa Pada Tangki Penyimpanan  $\text{H}_3\text{PO}_4$

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran 1		Aliran 2	
$\text{H}_3\text{PO}_4$	85855,98	$\text{H}_3\text{PO}_4$	85855,98
$\text{H}_2\text{O}$	30165,61	$\text{H}_2\text{O}$	30165,61
<b>Total</b>	<b>116022</b>	<b>Total</b>	<b>116022</b>

##### 2. Tangki Penyimpanan $\text{Na}_2\text{CO}_3$ (F-211)

Fungsi : Untuk menyimpan natrium karbonat sebagai bahan baku pembuatan trisodium fosfat.





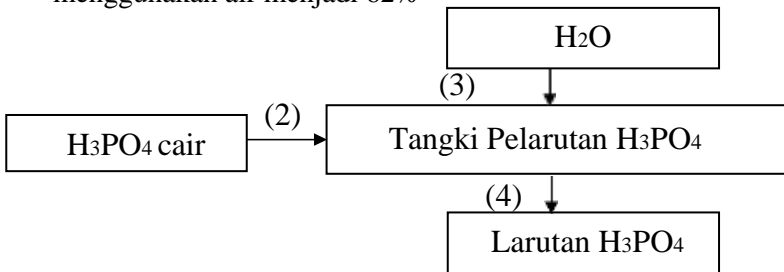


**Tabel III-2** Neraca Massa Pada Tangki Penyimpanan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran 6		Aliran 7	
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	114861,38	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	114861,38
$\text{H}_2\text{O}$	1160,22	$\text{H}_2\text{O}$	1160,22
<b>Total</b>	<b>116022</b>	<b>Total</b>	<b>116022</b>

### 3. Tangki Pelarutan $\text{H}_3\text{PO}_4$ (M-113)

Fungsi : Untuk melarutkan asam fosfat cair 74% dengan menggunakan air menjadi 62%

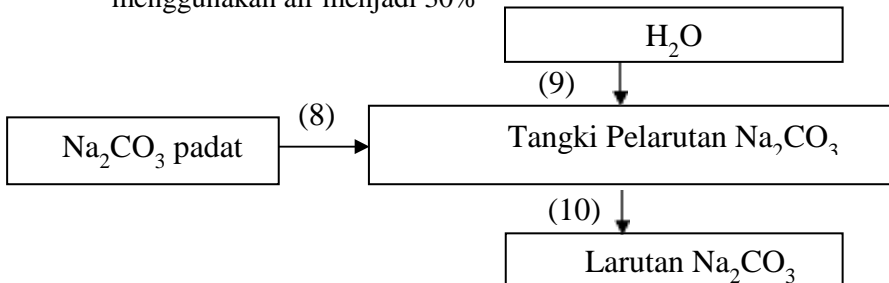


**Tabel III-3** Neraca Massa Pada Tangki Pengenceran  $\text{H}_3\text{PO}_4$

Komponen	MASUK			KELUAR	
	Aliran 2		Aliran 3	Aliran 4	
	x2	m2 (kg)	m3 (kg)	x4	m4 (kg)
$\text{H}_3\text{PO}_4$	0,74	85855,98		0,62	85855,98
$\text{H}_2\text{O}$	0,26	30165,61	22455,79	0,38	52621,41
Sub Total	1,00	116021,59	22455,79	1,00	138477,38
<b>Total</b>		138477,38			138477,38

**4. Tangki Pelarutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (M-214)**

Fungsi : Untuk melarutkan natrium karbonat padat dengan menggunakan air menjadi 30%

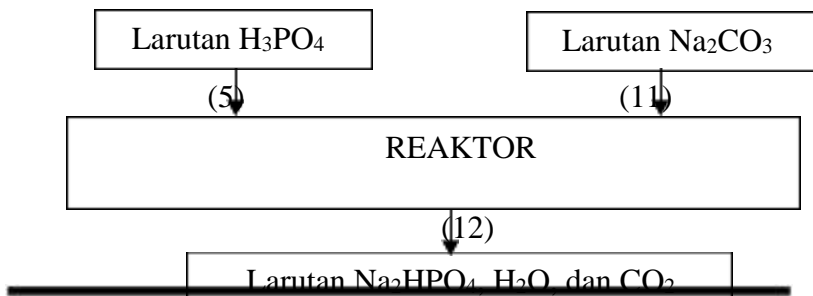


**Tabel III-4** Neraca Massa Pada Tangki Pengenceran  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

Komponen	MASUK			KELUAR	
	Aliran 8		Aliran 9	Aliran 10	
	x6	m <sub>8</sub> (kg)	m <sub>9</sub> (kg)	x10	m <sub>10</sub> (kg)
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	0,99	114861,38		0,30	114861,38
$\text{H}_2\text{O}$	0,01	1160,22	266849,66	0,70	268009,88
Sub Total	1,00	116021,59	266849,66	1,00	382871,25
Total		<b>382871,25</b>			<b>382871,25</b>

**5. Reaktor (R-110)**

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi antara bahan baku  $\text{H}_3\text{PO}_4$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sehingga menghasilkan  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , dan  $\text{CO}_2$



**Tabel III-5** Neraca Massa Pada Reaktor

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran 5		Aliran 12	
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	85855,98	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3777,66
H <sub>2</sub> O	52621,41	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	26082,79
	138477,38	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	118929,80
Aliran 11		H <sub>2</sub> O	335706,89
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	114861,38	CO <sub>2</sub>	36851,5
H <sub>2</sub> O	268009,88		
	382871,25		
<b>Total</b>	<b>521348,64</b>	<b>Total</b>	<b>521348,64</b>

**6. Vaporizer (E-312)**

Fungsi : untuk menguapkan Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> dan sisa dari H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, dan CO<sub>2</sub>.

**Tabel III-6** Neraca Massa Pada Vaporizer

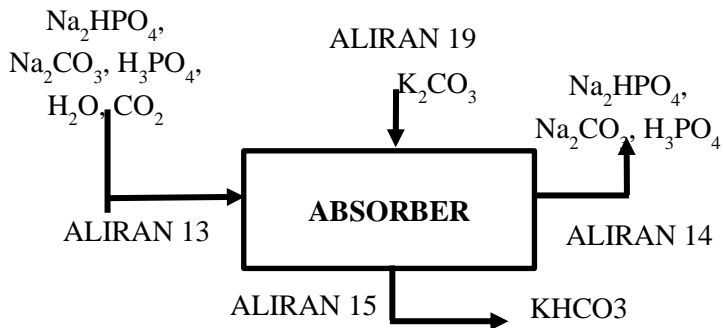
Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran 12		Aliran 13	
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3777,66	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3777,66
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	26082,79	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	26082,79
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	118929,80	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	118929,80



H <sub>2</sub> O	335706,89	H <sub>2</sub> O	335706,89
CO <sub>2</sub>	36851,49	CO <sub>2</sub>	36851,49
<b>Total</b>	<b>521348,64</b>	<b>Total</b>	<b>521348,64</b>

### 7. Absorber (D-310)

Fungsi : untuk menyerap gas CO<sub>2</sub>.



Tabel III-7 Neraca Massa Pada Absorber

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran 13		Aliran 14	
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	118929,80	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	118929,80
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3777,66	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3777,66
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	26082,79	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	26082,79
CO <sub>2</sub>	36851,49	H <sub>2</sub> O	320782,04
H <sub>2</sub> O	335706,89		469572,30
	521348,64	Aliran 15	
Aliran 19		KHCO <sub>3</sub>	165997,53
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	117159,98	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2.570,2770
	117159,98	CO <sub>2</sub>	368,5149

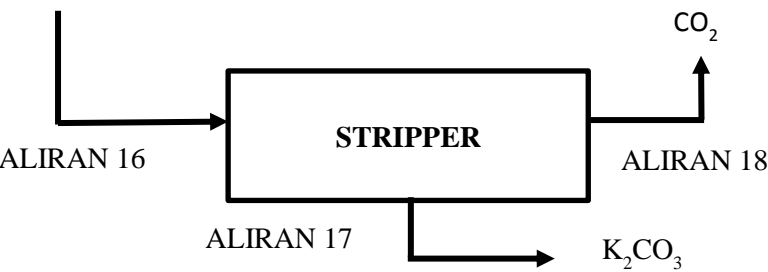


			168936,3
Total	638508,62	Total	638508,62

8. Stripper (D-320)

Fungsi : untuk memisahkan antara CO<sub>2</sub> dan K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>,  
H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>



Tabel III-8 Neraca Massa Pada Stripper

Masuk		Masuk	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran 16		Aliran 17	
KHCO <sub>3</sub>	165997,53	KHCO <sub>3</sub>	1659,98
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2570,28	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	116014,08
CO <sub>2</sub>	368,51	H <sub>2</sub> O	14775,60
			132449,66
	168936,32	Aliran 18	
		CO <sub>2</sub>	36486,66
			36486,66
Total	168936,32	Total	168936,32

9. Kondensor (E-331)

Fungsi : untuk mengubah Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> dari fase gas ke fase cair

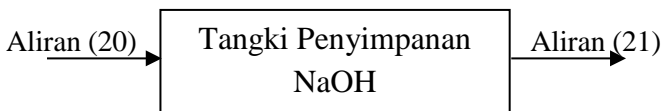


Tabel III-9 Neraca Massa Pada Kondensor

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran 14		Aliran 16	
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	118929,80	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	118929,80
$\text{H}_3\text{PO}_4$	3777,66	$\text{H}_3\text{PO}_4$	3777,66
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	26082,79	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	26082,79
$\text{H}_2\text{O}$	320782,04	$\text{H}_2\text{O}$	320782,04
Total	469572,30	Total	469572,30

#### 10. Tangki Penyimpanan NaOH 42% (M-332)

Fungsi : Untuk menyimpan natrium hidroksida sebagai bahan baku pembuatan  $\text{Na}_3\text{PO}_4$

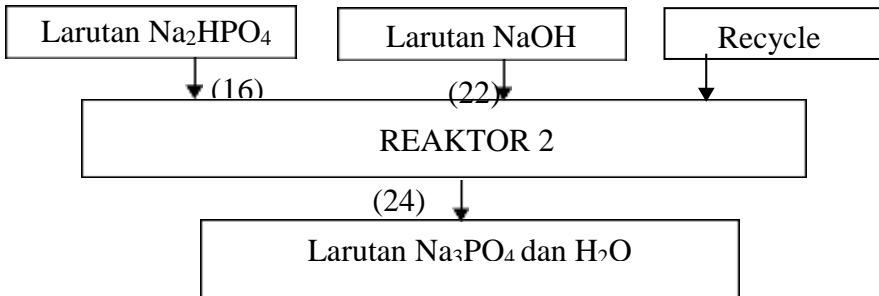


Tabel III-10 Neraca Massa Pada Tangki Penyimpanan NaOH

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran 20		Aliran 21	
NaOH	48729,07	NaOH	48729,07
$\text{H}_2\text{O}$	67292,52	$\text{H}_2\text{O}$	67292,52
Total	116022	Total	116022

**11. Reaktor (R-330)**

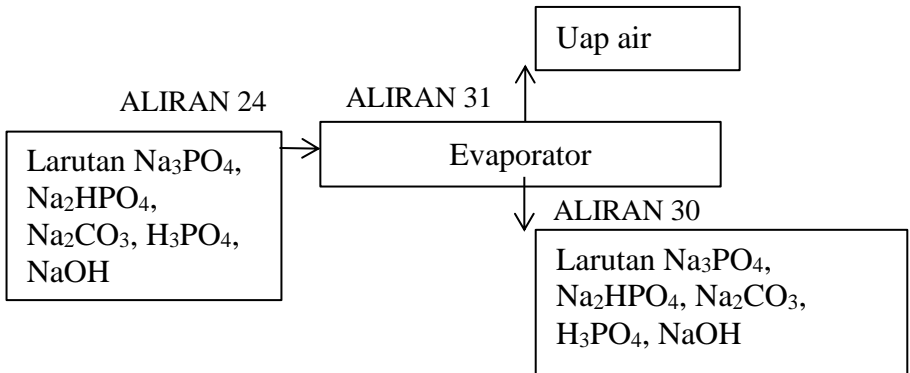
Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi antara bahan baku  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  dan  $\text{NaOH}$  sehingga menghasilkan  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  dan  $\text{H}_2\text{O}$

**Tabel III-11** Neraca Massa Pada Reaktor

Komponen	Masuk			Keluar
	aliran 16	aliran 22	aliran 23	aliran 24
$\text{Na}_3\text{PO}_4$			27991,04	164055,44
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	118929,80		1116,20	2234,14
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	26082,79		26042,30	52125,09
$\text{H}_3\text{PO}_4$	3777,66		3771,80	7549,46
$\text{NaOH}$		48729,07	15518,50	31061,13
$\text{H}_2\text{O}$	320782,04	67292,52	98973,65	501982,11
<b>Total</b>	759007,3748			759007,37

**12. Evaporator (V-340A, V-340B, V-340C)**

Fungsi : Untuk menguapkan air dengan kadar  $\text{Na}_3\text{PO}_4$

**Tabel A-12** Neraca Massa Pada Evaporator Effect 1

Masuk		Keluar	
Komponen	Aliran (24)	Komponen	Aliran (26)
$\text{Na}_3\text{PO}_4$	164055,44	$\text{Na}_3\text{PO}_4$	164055,44
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	2234,14	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	2234,14
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	52125,09	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	52125,09
$\text{H}_3\text{PO}_4$	7549,46	$\text{H}_3\text{PO}_4$	7549,46
$\text{NaOH}$	31061,13	$\text{NaOH}$	31061,13
$\text{H}_2\text{O}$	501982,11	$\text{H}_2\text{O}$	382846,98
Jumlah	759007,37	Jumlah	639872,24
		<b>Aliran (27)</b>	
		$\text{H}_2\text{O}$	119135,13
Total	759007,37	Total	759007,37



**Tabel A-13** Neraca Massa Pada Evaporator Effect 2

Masuk		Keluar	
Komponen	Aliran (26)	Komponen	Aliran (28)
$\text{Na}_3\text{PO}_4$	164055,44	$\text{Na}_3\text{PO}_4$	164055,44
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	2234,14	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	2234,14
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	52125,09	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	52125,09
$\text{H}_3\text{PO}_4$	7549,46	$\text{H}_3\text{PO}_4$	7549,46
$\text{NaOH}$	31061,13	$\text{NaOH}$	31061,13
$\text{H}_2\text{O}$	382846,98	$\text{H}_2\text{O}$	263711,84
Jumlah	639872,24	Jumlah	520737,11
		<b>Aliran (29)</b>	
		$\text{H}_2\text{O}$	119135,13
Total	639872,24	Total	639872,24

**Tabel A-14** Neraca Massa Pada Evaporator Effect 3

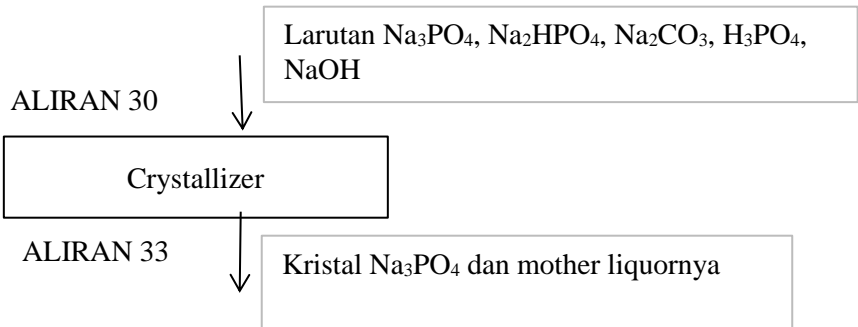
Masuk		Keluar	
Komponen	Aliran (28)	Komponen	Aliran (30)
$\text{Na}_3\text{PO}_4$	164055,44	$\text{Na}_3\text{PO}_4$	164055,44
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	2234,14	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	2234,14
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	52125,09	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	52125,09
$\text{H}_3\text{PO}_4$	7549,46	$\text{H}_3\text{PO}_4$	7549,46
$\text{NaOH}$	31061,13	$\text{NaOH}$	31061,13
$\text{H}_2\text{O}$	263711,84	$\text{H}_2\text{O}$	144576,71
Jumlah	520737,11	Jumlah	401601,98
		<b>Aliran (31)</b>	



		H <sub>2</sub> O	119135,13
Total	520737,11	Total	520737,11

### 13. Crystallizer (X-350)

Fungsi : Untuk membentuk kristal trinatrium fosfat.



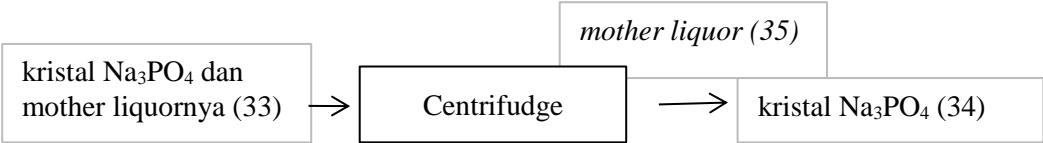
**Tabel III-15** Neraca Massa Pada *Crystallizer*

Komponen	Masuk	Keluar	
	Aliran (30)	Aliran (33)	Mother Liquor
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	164055,44	98510,815	64889,18
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	2234,14	22,341448	2211,80
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	52125,09	521,25089	51603,84
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	7549,46	75,494615	7473,97
NaOH	31061,13	310,61128	30750,52
H <sub>2</sub> O	144576,71	4921,6633	139655,05
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> Cair		655,4463	
<b>Jumlah</b>	<b>401601,98</b>	<b>105017,62</b>	<b>296584,36</b>
<b>Total</b>	<b>401601,98</b>	<b>401601,98</b>	

### 14. Centrifuge (H-352)



Fungsi: Memisahkan kristal trinitrium fosfat dengan hasil sampling kristalisasi.

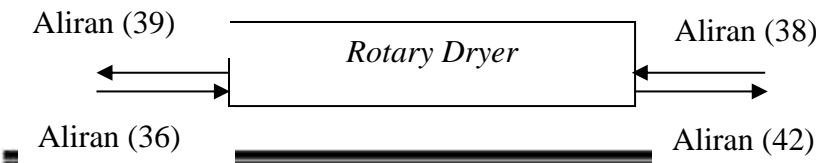


Tabel III-16 Neraca Massa Pada Centrifuge

Komponen	Masuk		Keluar	
	Aliran (33)	Mother Liquor	Aliran (34)	Aliran (35)
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	98511	64889,18	98510,815	
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	22,341	2211,80	22,341448	2211,80
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	521,25	51603,84	521,25089	51603,84
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	75,495	7473,97	75,49	7473,97
NaOH	310,61	30750,52	310,61128	30750,52
H <sub>2</sub> O	4921,7	139655,05	4921,6633	139655,05
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> Cair	655,45		655,4463	64889,18
Jumlah	105018	296584,36	105017,62	296584,36
Total	401601,98		401601,98	

15. Rotary Dryer (B-360)

Fungsi : untuk mengurangi kadar air pada kristal Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> hingga 1%



**Tabel III-17** Neraca Massa Pada *Rotary Dryer*

Masuk		Keluar	
Komponen	Aliran (36)	Komponen	Aliran (42)
Kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$	98510,8146	Kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$	97525,70641
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	22,3414478	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	22,11803333
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	521,250891	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	516,0383824
$\text{H}_3\text{PO}_4$	75,4946151	$\text{H}_3\text{PO}_4$	74,73966898
$\text{NaOH}$	310,611277	$\text{NaOH}$	307,5051644
$\text{H}_2\text{O}$	4921,66333	$\text{H}_2\text{O}$	1050,176224
$\text{Na}_3\text{PO}_4$ Cair	655,446296	$\text{Na}_3\text{PO}_4$ Cair	648,8918335
<b>Jumlah</b>	<b>105017,622</b>	<b>Jumlah</b>	<b>100145,1757</b>
	<b>Aliran (38)</b>		<b>Aliran (39)</b>
Udara Kering	500805,153	Kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$	985,1081455
Uap air	42568,438	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	0,223414478
<b>Jumlah</b>	<b>543373,592</b>	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	5,212508913
		$\text{H}_3\text{PO}_4$	0,754946151
		$\text{NaOH}$	3,106112771
		$\text{Na}_3\text{PO}_4$ Cair	6,554462965
		Udara Kering	500805,1535
		Uap air	46439,92515
		<b>Jumlah</b>	<b>548246,0382</b>
	648391,2139		648391,2139

## 16. Cyclone (H-363)

Departemen Teknik Kimia Industri  
Fakultas Vokasi ITS

Pabrik Tinatrium Fosfat dari natrium  
karbonat, natrium hidroksida, dan asam  
fosfat, dengan proses netralisasi asam fosfat



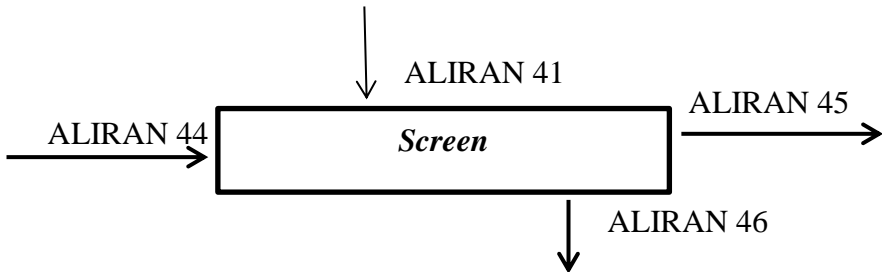
Fungsi : Untuk menangkap debu  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  dari *rotary dryer*

Aliran (40)  
**Tabel III-18** Neraca Massa Pada *Cyclone*

Masuk		Keluar	
Komponen	Aliran (39)	Cyclone	Aliran (41)
Kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$	985,108146	Kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$	965,4059826
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	0,22341448	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	0,218946188
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	5,21250891	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	5,108258735
$\text{H}_3\text{PO}_4$	0,75494615	$\text{H}_3\text{PO}_4$	0,739847228
$\text{NaOH}$	3,10611277	$\text{NaOH}$	3,043990516
$\text{Na}_3\text{PO}_4$ Cair	6,55446296	Uap air	928,7985029
Udara Kering	500805,153	$\text{Na}_3\text{PO}_4$ Cair	6,423373706
Uap air	46439,9251	<b>Jumlah</b>	<b>1909,738902</b>
<b>Jumlah</b>	<b>548246,038</b>	Komponen	Aliran (41)
		Kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$	24,68730308
		$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	0,00446829
		$\text{Na}_2\text{CO}_3$	0,104250178
		$\text{H}_3\text{PO}_4$	0,015098923
		$\text{NaOH}$	0,062122255
		$\text{Na}_3\text{PO}_4$ Cair	0,081237858
		Udara Kering	581604,4459
		Uap air	51999,87855
		<b>Jumlah</b>	<b>633629,2789</b>
<b>Total</b>	<b>548246,0382</b>	<b>Total</b>	<b>548246,0382</b>

### 17. Screen (S-366)

Fungsi : Memisahkan Produk  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  menjadi dua bagian, onsize dan oversize.

Tabel III-19 Neraca Massa Pada *Screen*

Masuk		Keluar	
Komponen	Aliran (44)	Komponen	Aliran (45)
Kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$	97525,70641	Kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$	88642,00115
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	22,11803333	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	20,10328156
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	516,0383824	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	469,031977
$\text{H}_3\text{PO}_4$	74,73966898	$\text{H}_3\text{PO}_4$	67,93156459
$\text{NaOH}$	307,5051644	$\text{NaOH}$	279,4942394
$\text{H}_2\text{O}$	1050,176224	$\text{H}_2\text{O}$	1781,077254
$\text{Na}_3\text{PO}_4$ Cair	648,8918335	$\text{Na}_3\text{PO}_4$ Cair	589,7836865
<b>Jumlah</b>	<b>100145,1757</b>	<b>Jumlah</b>	<b>91849,42315</b>
	<b>Aliran (41)</b>		<b>Aliran (46)</b>
Kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$	965,4059826	Kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$	9849,111239
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	0,218946188	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	2,233697952
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	5,108258735	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	52,11466411
$\text{H}_3\text{PO}_4$	0,739847228	$\text{H}_3\text{PO}_4$	7,547951621
$\text{NaOH}$	3,043990516	$\text{NaOH}$	31,05491549
$\text{H}_2\text{O}$	928,7985029	$\text{H}_2\text{O}$	197,8974727
$\text{Na}_3\text{PO}_4$ Cair	6,423373706	$\text{Na}_3\text{PO}_4$ Cair	65,53152072
<b>Jumlah</b>	<b>1909,738902</b>	<b>Jumlah</b>	<b>10205,49146</b>
<b>Total</b>	<b>102054,9146</b>	<b>Total</b>	<b>102054,9146</b>



18. *Crusher* (S-367)

Fungsi: memperkecil ukuran trinitrium fosfat yang oversize.

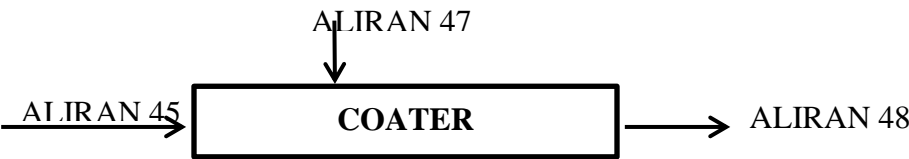


Tabel III-20 Neraca Massa Pada *Crusher*

Masuk		Keluar	
Komponen	Aliran (46)	Komponen	Aliran (47)
Kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$	9849,111239	Kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$	9849,111239
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	2,233697952	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	2,233697952
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	52,11466411	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	52,11466411
$\text{H}_3\text{PO}_4$	7,547951621	$\text{H}_3\text{PO}_4$	7,547951621
$\text{NaOH}$	31,05491549	$\text{NaOH}$	31,05491549
$\text{H}_2\text{O}$	197,8974727	$\text{H}_2\text{O}$	197,8974727
$\text{Na}_3\text{PO}_4$ Cair	65,53152072	$\text{Na}_3\text{PO}_4$ Cair	65,53152072
Jumlah	10205,49146	Jumlah	10205,49146

19. *Coater* (H-368)

Fungsi : Melapisi produk  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  dengan coating oil, sehingga tidak terjadi caking pada saat penyimpanan dan pengemasan.

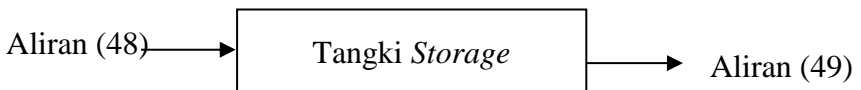




**Tabel III-21** Neraca Massa Pada *Coater*

Komponen	Masuk			Keluar
	Aliran 45	Aliran 47		Aliran 48
Kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$	88642,00115	98491,112		98491,112
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	20,10328156	22,33698		22,33698
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	469,031977	521,14664		521,14664
$\text{H}_3\text{PO}_4$	67,93156459	75,479516		75,479516
$\text{NaOH}$	279,4942394	310,54915		310,54915
$\text{H}_2\text{O}$	1781,077254	1978,9747		1978,9747
$\text{Na}_3\text{PO}_4$ Cair	589,7836865	655,31521		655,31521
Coating Oil			204,10983	204,10983
<b>Jumlah</b>	91849,42315	10205,49146	204,10983	102259,02
<b>Total</b>	<b>102259</b>			<b>102259</b>

**20. Tangki Storage (F-369)**



**Tabel III-22** Neraca Massa Pada *Tangki Storage*

Komponen	Keluar	Keluar
	Aliran 48	Aliran 49
Kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$	98491,11239	98491,112
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	22,33697952	22,33698
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	521,1466411	521,14664





H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	75,47951621	75,479516
NaOH	310,5491549	310,54915
H <sub>2</sub> O	1978,974727	1978,9747
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> Cair	655,3152072	655,31521
Coating Oil	204,1098292	204,10983
<b>Jumlah</b>	102259,0244	102259,02
<b>Total</b>	<b>102259</b>	<b>102259</b>



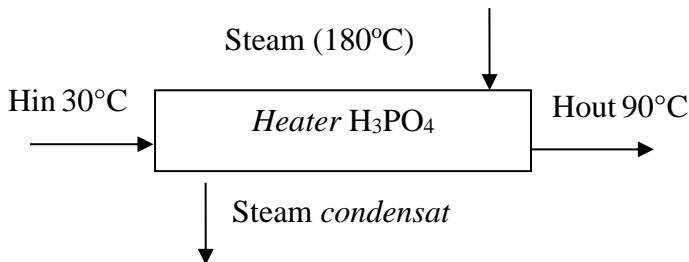
## BAB IV NERACA PANAS

Kapasitas Produksi = 36000 ton/tahun  
 = 109090,9091 kg Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>/hari  
 Operasi = 330 hari/tahun  
 = 24 hari  
 Satuan Panas = kkal  
 Suhu *reference* = 25°C  
 Basis waktu = 1 hari

### Perhitungan Neraca Panas

#### 1. Heater H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (E-115)

Fungsi : Memanaskan larutan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> sebelum masuk reaktor hingga suhu 90°C



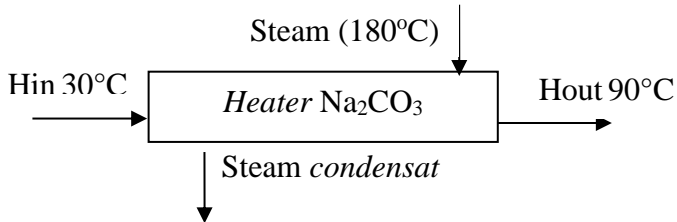
**Tabel IV-2** Neraca Energi pada Heater H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kkal/hari)	Komponen	Panas (kkal/hari)
Aliran (4)		Aliran (5)	
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	254.063,6092	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3.302.826,9190
H <sub>2</sub> O	117.535,4157	H <sub>2</sub> O	1.538.247,3460
sat. steam	4.704.710,7791	Q loss	235235,539
<b>Total</b>	<b>5.076.309,8039</b>	<b>Total</b>	<b>5.076.309,8039</b>



## 2. Heater $\text{Na}_2\text{CO}_3$ (E-216)

Fungsi : Memanaskan larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sebelum masuk reaktor hingga suhu  $90^\circ\text{C}$

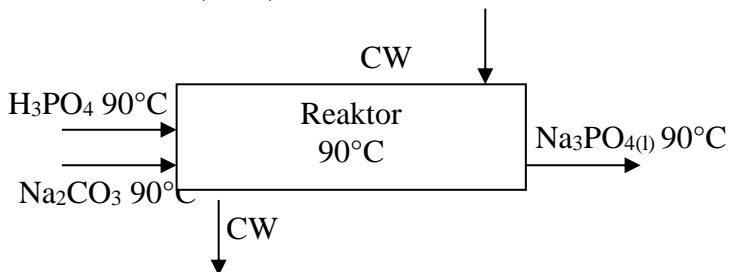


**Tabel IV-3** Neraca Energi pada Heater  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kkal/hari)	Komponen	Panas (kkal/hari)
Aliran (10)		Aliran (11)	
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	156.579,8951	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	2.035.538,6362
$\text{H}_2\text{O}$	598.628,1023	$\text{H}_2\text{O}$	7.834.558,4953
		Q loss	479.731,0071
sat. steam	9.594.620,1412		
<b>Total</b>	<b>10.349.828,1386</b>	<b>Total</b>	<b>10.349.828,1386</b>

## 3. Reaktor Tangki Alir Berpengaduk (R-110)

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi antara bahan baku  $\text{H}_3\text{PO}_4$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sehingga menghasilkan  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , dan  $\text{CO}_2$



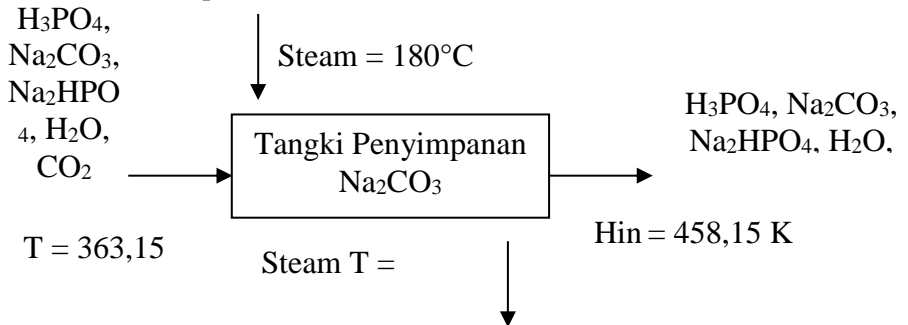


Tabel IV-4 Neraca Energi pada Reaktor

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kkal/hari)	Komponen	Panas (kkal/hari)
Aliran (5)		Aliran(11)	
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3.302.826,9190	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	145.324,3844
H <sub>2</sub> O	1.538.247,3460	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	462.231,3388
Aliran (11)		Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	7.262.255,8295
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2.035.538,6362	H <sub>2</sub> O	9.813.501,3140
H <sub>2</sub> O	7.834.558,4953	CO <sub>2</sub>	710.525,1248
		$\Delta H_{25}$	-29.246.178,7814
		Qserap	25.563.512,1863
<b>Total</b>	<b>14.711.171,3965</b>	<b>Total</b>	<b>14.711.171,3965</b>

#### 4. Vaporizer (E-312)

Fungsi: untuk menguapkan larutan Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> dari suhu 90°C sampai 158°C sebelum masuk absorber

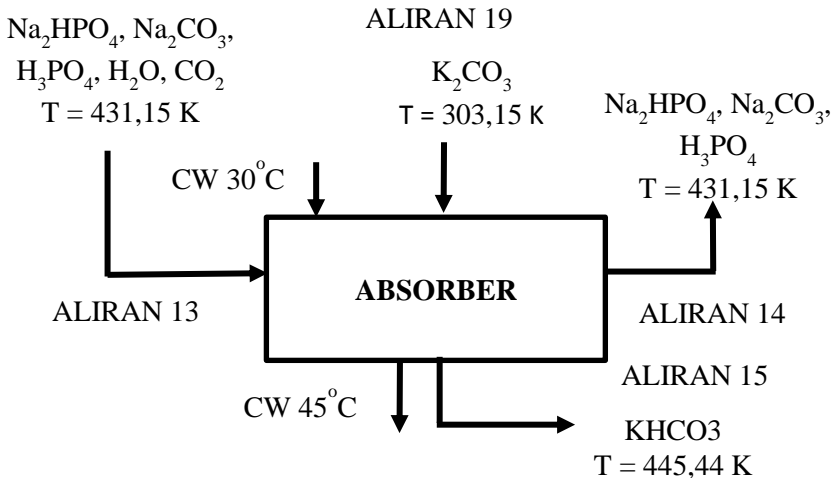


**Tabel IV-5** Neraca Energi pada Vaporizer

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kkal/hari)	Komponen	Panas (kkal/hari)
Aliran (12)		Aliran (13)	
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	145.324,3844	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	297.356,0482
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	462.231,3388	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	945.796,4316
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	7.262.255,8295	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	14.859.692,6973
H <sub>2</sub> O	9.813.501,3140	H <sub>2</sub> O	20.972.268,4292
CO <sub>2</sub>	710.525,1248	CO <sub>2</sub>	1.432.499,0058
		Q loss	1.058.619,7169
Q supply	21.172.394,3374		
<b>Total</b>	<b>39.566.232,3290</b>	<b>Total</b>	<b>39.566.232,3290</b>

### 5. Absorber (D-310)

Fungsi: Untuk menyerap gas CO<sub>2</sub> dengan menggunakan pelarut K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>



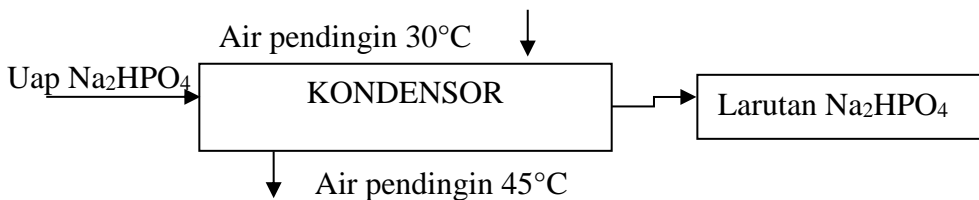


Tabel IV-6 Neraca Energi pada Absorber

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kkal/hari)	Komponen	Panas (kkal/hari)
Aliran (13)		Aliran(14)	
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	14.859.692,6973	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	14.859.692,6973
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	297.356,0482	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	297.356,0482
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	945.796,4316	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	945.796,4316
H <sub>2</sub> O	20.972.268,4292	H <sub>2</sub> O	20.039.883,5831
CO <sub>2</sub>	1.432.499,0058	Aliran (15)	
Aliran (19)		CO <sub>2</sub>	12.159,2199
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	126.739,6315	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	62.544,8170
		KHCO <sub>3</sub>	3.897.553,1262
		ΔH <sub>25</sub>	-
			19.253.557,6448
		Q serap	17.772.923,9650
<b>Total</b>	<b>38.634.352.2436</b>	<b>Total</b>	<b>38.634.352.2436</b>

## 6. Kondensor (E-331)

Fungsi : Untuk mencairkan uap Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>

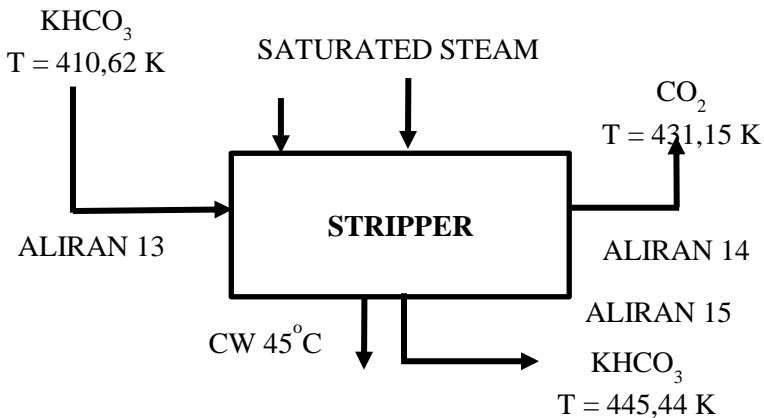


**Tabel IV-7** Neraca Energi pada Kondensor

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kkal/hari)	Komponen	Panas (kkal/hari)
Aliran (14)		Aliran(16)	
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	14.859.692,6973	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	7.262.255,8295
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	297.356,0482	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	145.324,3844
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	945.796,4316	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	462.231,3388
H <sub>2</sub> O	20.039.883,5831	H <sub>2</sub> O	9.377.212,7960
		Q serap	18.895.704,4115
<b>Total</b>	<b>36.142.728,7602</b>	<b>Total</b>	<b>36.142.728,7602</b>

### 7. Stripper (D-320)

Fungsi : untuk menyerap gas CO<sub>2</sub> dengan menggunakan pelarut K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>





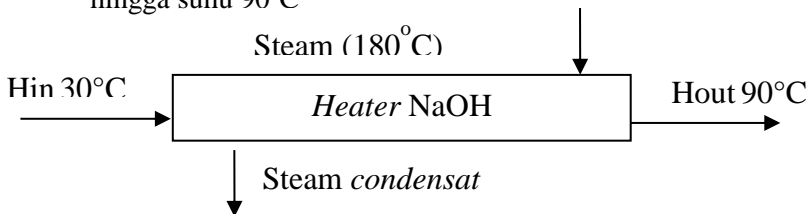


Tabel IV-8 Neraca Energi pada stripper

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kkal/hari)	Komponen	Panas (kkal/hari)
Aliran (15)		Aliran (17 & 18)	
KHCO <sub>3</sub>	3.897.553,1262	KHCO <sub>3</sub>	46.088,8044
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	62.544,8170	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	3.338.301,0526
CO <sub>2</sub>	12.159,2199	CO <sub>2</sub>	1.418.317,2656
		H <sub>2</sub> O	923.060,9976
		$\Delta H_{25}$	19.061.022,0683
Q serap	20.814.533,0254		
<b>Total</b>	<b>24.786.790,1885</b>	<b>Total</b>	<b>24.786.790,1885</b>

### 8. Heater NaOH (E-334)

Fungsi : Memanaskan larutan NaOH sebelum masuk reaktor hingga suhu 90°C



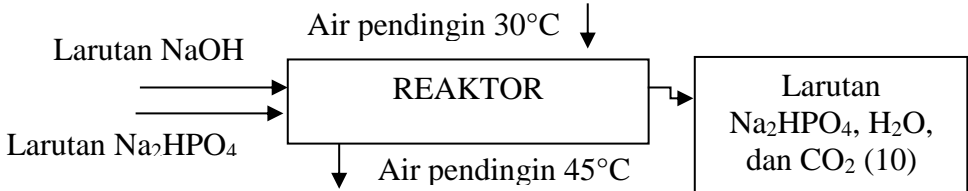
Tabel IV-9 Neraca Energi pada Heater NaOH

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kkal/hari)	Komponen	Panas (kkal/hari)
Aliran (21)		Aliran (22)	
NaOH	2.469.062,9301	NaOH	5.042.922,5954
H <sub>2</sub> O	150.304,8915	H <sub>2</sub> O	1.967.118,5832
		Q loss	231.088,0714
Q supply	4.621.761,4285		
<b>Total</b>	<b>7.241.129,2501</b>	<b>Total</b>	<b>7.241.129,2501</b>



### 9. Reaktor (R-330)

Fungsi: Tempat berlangsungnya reaksi antara bahan baku  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  dan  $\text{NaOH}$  sehingga menghasilkan  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,

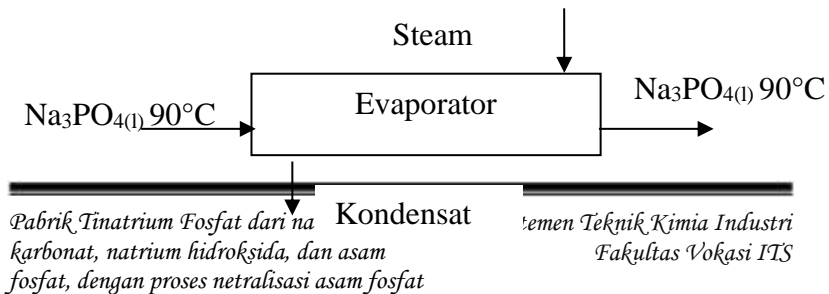


**Tabel IV-10** Neraca Energi pada Reaktor

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kkal/hari)	Komponen	Panas (kkal/hari)
Aliran (16)		Aliran(24)	
NaOH	6.648.916,5799	$\text{Na}_3\text{PO}_4$	170.032,4642
$\text{H}_2\text{O}$	14.237.563,6021	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	136.424,4323
Aliran (22 &23)		$\text{Na}_2\text{CO}_3$	923.745,0937
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	7.330.415,0571	$\text{H}_3\text{PO}_4$	290.423,1623
$\text{H}_3\text{PO}_4$	290.423,1623	NaOH	3.214.485,0460
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	923.745,0937	$\text{H}_2\text{O}$	14.674.116,5374
$\text{H}_2\text{O}$	14.237.563,6021		
		$\Delta H_{25}$	-5.855.434,4384
		Q serap	30.114.834,7996
<b>Total</b>	<b>43.668.627,0971</b>	<b>Total</b>	<b>43.668.627,0971</b>

### 10. Evaporator (V-340A, V-340B, V-340C)

Fungsi :Memekatkan larutan Trinatrium Fosfat.

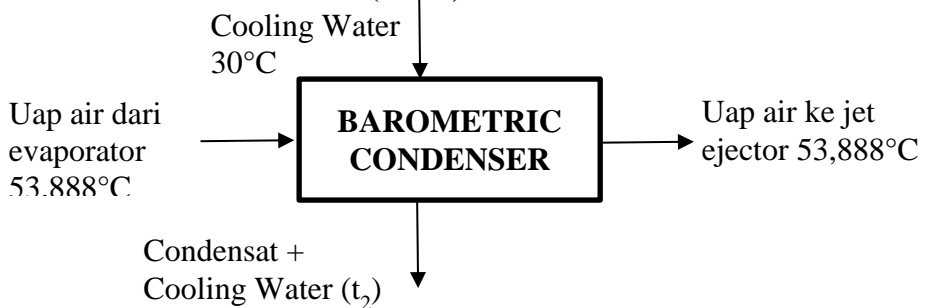




Tabel IV-11 Neraca Energi pada Evaporator

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kkal/hari)	Komponen	Panas (kkal/hari)
Aliran (26)		Aliran(30)	
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	170.032,4642	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	88.121,0563
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	136.424,4323	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	70.703,3515
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	923.745,0937	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	478.740,3028
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	290.423,1623	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	150.514,7617
NaOH	3.214.485,0460	NaOH	2.331.069,3005
H <sub>2</sub> O	14.674.116,5374	H <sub>2</sub> O	2.182.550,8421
sat steam	128.703.841,3915	vapor	70.379.531,6974
		Q loss	72.431.836,8151
<b>Total</b>	<b>148.113.068,1273</b>	<b>Total</b>	<b>148.113.068,1273</b>

## 11. Barometric Kondensor (E-342)



Tabel IV-12 Neraca Energi pada Barometric Kondensor

Q <sub>in</sub> (kcal)		Q <sub>out</sub> (kcal)	
H <sub>1</sub>	70310234,891	H <sub>2</sub>	14062046,9782
H <sub>3</sub>	16851250,72	H <sub>4</sub>	73099438,63



Total	87161485,610	Total	87161485,610
-------	--------------	-------	--------------

**12. Jet Ejector (G-343)**

Steam

Uap air dari  
barometric  
condenser

**JET EJECTOR**

masuk ke hot well

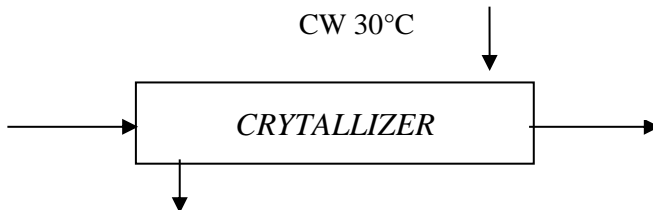
**Tabel IV-13** Neraca Energi pada Jet Ejector

$Q_{in}$ (kcal)		$Q_{out}$ (kcal)	
H <sub>1</sub>	817,212	H <sub>2</sub>	692097,6222
H <sub>3</sub>	691280,4101		
Total	692097,622	Total	692097,622

**13. Crystallizer (X-350)**

Fungsi : Pembentukan kristal trinatrium fosfat.

CW 30°C

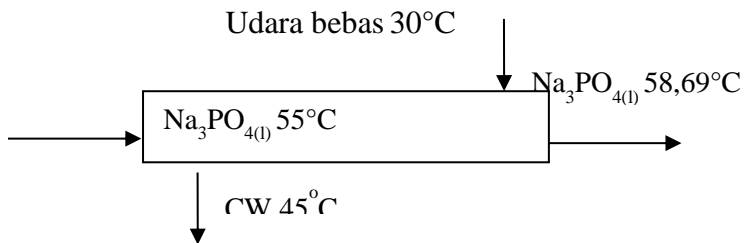
**Tabel IV-14** Neraca Energi pada Crystallizer

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kkal/hari)	Komponen	Panas (kkal/hari)
Aliran (30)		Aliran(33)	
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	88.121,0563	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	78.476,5219



$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	70.703,3515	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	62.965,1226
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	478.740,3028	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	426.343,8894
$\text{H}_3\text{PO}_4$	150.514,7617	$\text{H}_3\text{PO}_4$	134.041,4595
$\text{NaOH}$	2.331.069,3005	$\text{NaOH}$	2.190.017,6134
$\text{H}_2\text{O}$	2.182.550,8421	$\text{H}_2\text{O}$	1.942.879,8753
		Qc	-819.881,4085
		Q serap	1.286.856,5412
<b>Total</b>	<b>5.301.699,6148</b>	<b>Total</b>	<b>5.301.699,6148</b>

#### 14. Heater Udara (E-362)

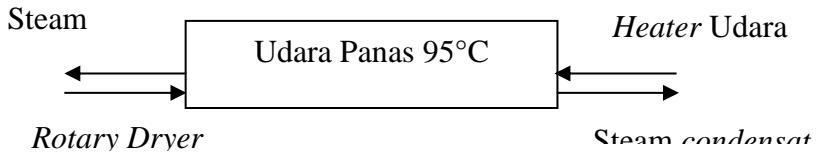


Tabel IV-15 Neraca Energi pada Heater Udara

Komponen	Panas (kkal/hari)	Keluar	
		Komponen	Panas (kkal/hari)
Aliran (37)		Aliran (38)	
Udara	601.216,5867	Udara	35.371.867,9891
Q supply	36.600.685,6867	Qloss	1830034,284
<b>Total</b>	<b>37.201.902,2734</b>	<b>Total</b>	<b>37.201.902,2734</b>

#### 15. Rotary Dryer (B-360)

Fungsi : untuk mengurangi kadar air pada  $\text{Na}_3\text{PO}_4$

Tabel IV-16 Neraca Energi pada *Rotary Dryer*

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kkal/hari)	Komponen	Panas (kkal/hari)
Aliran (36)		Aliran (42)	
Q produk	8.396.258,4174	Q produk	8.396.258,4174
Q udara	65.660.566,6754	Q udara	57.516.460,0890
		Q loss	8.144.106,5864
<b>Total</b>	<b>74.056.825,0928</b>	<b>Total</b>	<b>74.056.825,0928</b>

## **BAB V**

### **SPESIFIKASI ALAT**

#### **1. Bin Penyimpanan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>**

Kode Alat	: F-211
Fungsi	: untuk menyimpan natrium karbonat pada tekanan 1 atm dan temperatur 30°C
Tipe tangki	: Silinder tegak dengan tutup atas flat head dan tutup bawah berbentuk konis
Jumlah tangki	: 1
Bahan konstruksi	: <i>Carbon steel SA-283 grade C</i>
Kapasitas tangki	: 84.0150 ft <sup>3</sup>
Tinggi tangki	: 7.1959 ft
Diameter tangki	: 3.5979 ft
Diameter pipa ( <i>inlet</i> )	: 43.1753 in
Diameter pipa ( <i>outlet</i> )	: 43.5503 in

#### **2. Belt Conveyor**

Kode Alat	: J-212
Fungsi	: Untuk mengangkut Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> dari bin ke bucket elevator
Type	: <i>Troughed belt on 45° idlers with rolls equal length</i>
Ukuran Lump Max.	: 51 mm
Kapasitas	: 5801.1 kg/jam
Bahan Konstruksi	: Karet
Panjang	: 10 m
Kemiringan	: 10°
Cross Sectional Area	: 0.01 m <sup>2</sup>
Lebar Belt	: 35 cm
Kecepatan Belt	: 5.5292 m/min
Power Motor	: 2 hp
Jumlah	: 1 unit



### 3. Bucket Elevator

Kode Alat	: J-213
Fungsi	: Untuk mengangkut $\text{Na}_2\text{CO}_3$ dari belt conveyor ke tangki pengenceran
Type	: <i>Bucket elevator for continuous buckets on chain</i>
Kapasitas	: 29005.5 kg /5 jam
Bahan Konstruksi	: Carbon Steel
Ukuran Bucket	: 6 x 4 x 4 ¼ in
Bucket Spacing	: 12 in
Tinggi Elevator	: 25 ft
Power Motor	: 3 hp
Jumlah	: 1 unit

### 4. Tangki Pelarutan $\text{Na}_2\text{CO}_3$

Kode Alat	: M-214
Fungsi	: Melarutkan $\text{Na}_2\text{CO}_3$ padat dengan menggunakan air menjadi 30%
Bentuk	: silinder tegak, tutup dished head, bagian bawah dished head
Bahan	: Stainless steel, type 316, grade A (SA-202)
Pengelasan	: Double welded butt joint
Jumlah	: 1 buah
$P_{\text{desain}}$	: 24.5594 psi
Diameter dalam tangki, ID	: 89.6250 in = 7.4658 ft
Diameter luar tangki, OD	: 90 in = 7.4970 ft
Tinggi larutan dalam silinder, $L_{\text{Ls}}$	: 115.5441 in = 9.6248 ft
Tinggi larutan dalam tangki, $L_{\text{Ltotal}}$	: 130.7541 in = 10.8918 ft
Tinggi silinder, $L_{\text{s}}$	: 135 in = 11.2455 ft
Tinggi tutup atas, $L_{\text{ha}}$	: 15.2100 in = 1.2670 ft
Tinggi tutup bawah, $L_{\text{hb}}$	: 15.2100 in = 1.2670 ft
Tinggi tangki, $L_{\text{T}}$	: 153.21 in = 12.7624 ft
Tebal silinder, $t_{\text{silinder}}$	: 0.1875 in = 0.0156 ft
Tebal tutup atas, $t_{\text{ha}}$	: 0.1875 in = 0.0156 ft





Tebal tutup bawah,  $t_{hb}$  : 0.1875 in = 0.0156 ft

**Pengaduk**

Type : Flat six blade turbine with disk

Jumlah : 1 buah

Power : 5 hp

Diameter pengaduk,  $D_a$  = 0.6858 m = 2.25 ft

Panjang pengaduk,  $L_a$  = 0.1715 m = 0.5625 ft

Lebar pengaduk,  $W$  = 0.1372 m = 0.45 ft

Jarak dari dasar,  $C$  = 0.7620 m = 2.5 ft

Kecepatan putaran,  $N$  = 90 rpm

**5. Tangki Penyimpanan Asam Fosfat**

Kode Alat : F-111

Fungsi : Untuk menyimpan asam fosfat sebagai baku pembuatan trisodium fosfat

Bentuk : Silinder tegak berpengaduk dengan tutup atas dan bawah berbentuk torispherical dished head

Bahan konstruksi : *Carbon Steel SA-283*

Jumlah : 1 buah

Kapasitas tangki : 77.2918 m<sup>3</sup>

Tinggi tangki : 36 ft

Diameter tangki : 10 ft

Tebal *Shell per Course*

*Course 1* :  $\frac{72}{16}$  in

*Course 2* :  $\frac{60}{16}$  in

*Course 3* :  $\frac{47}{16}$  in

*Course 4* :  $\frac{35}{16}$  in

*Course 5* :  $\frac{23}{16}$  in

*Course 6* :  $\frac{10}{16}$  in



Tinggi *head* tangki : 5.9023 ft

Tebal *head* tangki : 3/16 in

## 6. Pompa Asam Fosfat

Kode Alat : L-112

Fungsi : untuk mengalirkan larutan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  dari tangki penyimpanan menuju heater kemudian diteruskan ke reaktor

Jenis : *Centrifugal pump*

Rate volumetrik :  $0.0008 \text{ m}^3/\text{s}$

Power pompa : 1 hp

Perpipaan : 12 m

Bahan : *Commercial Steel*

Jumlah : 1 buah

## 7. Reaktor

Kode Alat : R-110

Fungsi : untuk mereaksikan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sehingga menghasilkan  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ .

Jenis : Mixed Flow Reaktor

Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 229*

Jumlah : 1 buah

Volume reaktor :  $20.8828 \text{ m}^3$

Diameter reaktor : 71.3750 in

Tinggi reaktor : 318.7473 in

Tebal head : 0.3343 in

### Pengaduk

Jenis pengaduk : 6 blade turbin

Diameter impeller, Da : 2 ft

Kecepatan : 2 rps

Daya motor : 7 hp

**8. Absorber**

Kode Alat	: D-310
Fungsi	: Untuk menyerap gas $\text{CO}_2$ dengan menggunakan pelarut $\text{K}_2\text{CO}_3$
Jumlah	: 1 unit
Kondisi operasi Tekanan	: 1,2 atm
Temperatur	: 363.15 K
Kapasitas	: 26604,5258 kg/jam
Bentuk	: Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah standar dished head
Spesifikasi absorber Tower	
1. Luas penampang	: 1,9581 $\text{m}^2$
2. Diameter	: 1,5794 m
3. Tinggi	: 7,8969 m
Shell	
1. Diameter dalam	: 62.1804 in
2. Diameter luar	: 62.5554 in
3. Tebal shell	: 0,1719 in
4. Tebal tutup	: 0,2051 in

**9. Stripper**

Kode Alat	: D-320
Fungsi	: Untuk menyerap gas $\text{CO}_2$ dengan menggunakan pelarut $\text{K}_2\text{CO}_3$
Jumlah	: 1 unit
Kondisi operasi Tekanan	: 1,2 atm
Temperatur	: 410.62 K
Kapasitas	: 7039.0134 kg/jam
Bentuk	: Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah standar dished head
Spesifikasi absorber Tower	
1. Luas penampang	: 1,6769 $\text{m}^2$
2. Diameter	: 1,4616 m

---



- |                   |              |
|-------------------|--------------|
| 3. Tinggi         | : 7,3078 m   |
| Shell             |              |
| 1. Diameter dalam | : 57,5412 in |
| 2. Diameter luar  | : 57,9162 in |
| 3. Tebal shell    | : 0,2241 in  |
| 4. Tebal tutup    | : 0,2894 in  |

## 10. Evaporator

Kode Alat : V-340

Fungsi : Untuk memekatkan larutan  $\text{Na}_3\text{PO}_4$

### a. Efek I

Diameter Centerwall = 0.7322 m

Diameter Evaporator = 2.9290 m

Tinggi Evaporator = 9.1440 m

Tebal Shell = 3/16 in

Tebal Tutup = 1/2 in

#### Tube Calandria

Ukuran = 4 in sch. standard 40 IPS

OD = 0.3750 ft

ID = 0.3355 ft

Panjang Tube = 12 ft

Jumlah Tube = 822 buah

Bahan Konstruksi = Carbon Steel SA-203 Grade C

### b. Efek II

Diameter Centerwall = 0.7966 m

Diameter Evaporator = 3.1866 m

Tinggi Evaporator = 9.1440 m

Tebal Shell = 3/16 in

Tebal Tutup = 1/2 in

#### Tube Calandria

Ukuran = 4 in sch. standard 40 IPS

OD = 0.375 ft

ID = 0.3355 ft



---

Panjang Tube	= 12 ft
Jumlah Tube	= 973 buah
Bahan Konstruksi	= Carbon Steel SA-203 Grade C

**c. Efek III**

Diameter Centerwall	= 0.4403 m
Diameter Evaporator	= 1.7614 m
Tinggi Evaporator	= 9.144 m
Tebal Shell	= 3/16 in
Tebal Tutup	= 5/16 in

**Tube Calandria**

Ukuran	= 4 in sch. standard 40 IPS
OD	= 0.375 ft
ID	= 0.3355 ft
Panjang Tube	= 12 ft
Jumlah Tube	= 297 buah
Bahan Konstruksi	= Carbon Steel SA-203 Grade C

**11. Barometric Condensor**

Fungsi	= Mengkondensasikan uap dari evaporator
Nama Alat	= E-342
Tipe	= Counter-current condensers
Jumlah	= 1 buah
Bahan Konstruksi	= Low-alloy steel SA-202 A
Rate uap masuk	= 4693.2362 kg/jam
Horizontal cross section	= $7.9785 \text{ ft}^2 = 0.7412 \text{ m}^2$
Diameter Pipa uap	= 0.9717 m
Diameter pipa cooling water	= 1.5439 m

**Condensat**

Kevakuman maksimum	= 30.7 inHg
Diameter kolom	= 0.3340 m
Batas keamanan	= 0.5 m
Tinggi kolom	= 1.1785 m

**12. Jet ejector**

Kode Alat	: G-343
-----------	---------

---



Fungsi	: Menarik gas-gas yang tidak terkondensasikan pada barometric condenser
Tipe	= Single stage steam-jet ejector
Bahan Konstruksi	= Carbon steel
inlet (suction)	= 0.3313 in
Outlet (discharge)	= 0.2485 in
Panjang	= 2.9814 in
Kapasitas desain	= 1.776 lb/jam
Kebutuhan steam	= 9.4301 lb/jam

### 13. Crystallizer

Kode Alat	: X-350
Fungsi	: untuk membentuk kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$
Bentuk	: tabung dengan bentuk head torispherical dished
Bahan konstruksi	: Stainless steel SA 229
Jumlah	: 1 buah

#### Bagian Tube

Ukuran	=	Pipa standar ukuran 4 in IPS schedule 40
OD	=	0.1143 m
ID	=	0.1023 m
Panjang Tube	=	1.27 m
Jumlah Tube	=	174 buah
Bahan Konstruksi	=	<i>Stainless steel</i>

#### Bagian Shell

Diameter kristaliser	=	1.3476 m
Diameter center well	=	0,3683 m
Tinggi shell	=	2,7940 m
Tebal shell	=	0,0040 m
Tipe head	=	<i>conical head</i>



Tinggi head	=	0,3322	m
Tebal head	=	0,0048	m
Jumlah kristaliser	=	1	buah

#### 14. Centrifuge

Kode Alat	: H-352
Fungsi	: untuk memisahkan kristal trinatrium fosfat dengan sisa hasil kristalisasi
Bentuk	: Centrifuge Type Disk
Rate volume	= $10.7658 \text{ m}^3/\text{jam}$
D bowl	= 24 inch = 0.61 m
Kec. Putar	= 4000 rpm
Settling velocity	= $0.0022 \text{ m/s}$
D disk	= 19.5 in
Jumlah lubang	= 144 buah
Jarak antar lubang	= 0.4 mm
Waktu tinggal	= 68.0159 s
Power motor	= 7.5 hp
Jumlah	= 1 buah

#### 15. Rotary Dryer

Kode Alat	: B-360
Fungsi	: untuk mengurangi kadar air pada kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$
Jumlah	: 1 buah
Kapasitas	= $4375.7343 \text{ kg/jam}$
Diameter Dryer	= 8.4913 m
Panjang Dryer	= 8.1100 m
Kecepatan Putar	= 1.7665 rpm
Kemiringan	= $32.9756^\circ$
Power	= 33.6979 hp

**16. Cyclone**

Kode Alat	: H-363
Fungsi	: Menangkap padatan yang terikut udara panas dari rotary dryer
Jumlah	: 1 buah
Kecepatan gas masuk	: 20 m/s
Dimensi Cyclone	
Dc	= 5.9200 m
De	= 2.9600 m
Hc	= 2.9600 m
Lc	= 11.8400 m
Sc	= 0.7400 m
Zc	= 11.8400 m
Jc	= 1.4800 m

**17. Blower**

Kode Alat	: G-361
Fungsi	: Menarik udara untuk dipanaskan dan digunakan pada rotary dryer
Jumlah	: 1 buah
Tipe	: Centrifugal blower
Rate Volumetrik	= 17995.4385 m <sup>3</sup> /jam
OD	= 12.75 in
ID	= 11.938 in
Luas	= 15.77 in <sup>2</sup>
Power	= 59 hp
Jumlah	= 1 unit

**18. Heater Udara**

Kode Alat	: E-362
Fungsi	: untuk menaikkan suhu udara sebelum masuk dryer dari suhu 30°C hingga 60°C
Jenis	: <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>
Bahan	: <i>Carbon steel SA 212 Grade A</i>





Jumlah : 1  
Ukuran : **Shell side**  
ID : 8 in  
Baffle space : 4 in  
Passes : 1.464  
**Tube side**  
Jumlah :  
Panjang : 6 ft  
OD : 1 in  
BWG : 14  
Pitch : 1,25 in square  
Passes : 2

## 19. Vibrating Screen

Kode Alat: S-366

Fungsi: Memisahkan Produk  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  menjadi dua bagian,  
onsize dan oversize

Kapasitas = 4252.2881 kg/jam

Rate Volumetrik = 4.7248  $\text{m}^3/\text{jam}$

Panjang Vibrating = 5 m

Lebar Vibrating = 1.5 m

Luas Vibrating = 7.5  $\text{m}^2$

Power = 1 hp

Jumlah = 1 unit



Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB VI UTILITAS**

### **VI.1 Utilitas Secara Umum**

Dalam suatu pabrik, peran dari utilitas sebagai unit pendukung operasional suatu proses produksi sangatlah penting. Semua sarana pendukung operasional suatu proses produksi tersebut disediakan dan disiapkan oleh suatu unit atau pabrik yang secara umum disebut pabrik utilitas. Dengan kata lain, utilitas merupakan suatu pabrik yang menyiapkan sarana pendukung suatu proses produksi pada suatu pabrik. Sarana utilitas pada pabrik *Trinatrium Phosphate* diantaranya adalah :

#### **I. Air**

Kebutuhan air pada pabrik *Trinatrium Phosphate* dipenuhi dari air sungai. Air digunakan untuk menghasilkan air pendingin, air *boiler* untuk menghasilkan *steam* dan air untuk keperluan sanitasi.

#### **II. Steam**

Steam dihasilkan dari unit boiler dan digunakan untuk proses produksi, yaitu:

- Heater, sebagai media pemanas untuk  $H_3PO_4$ ,  $Na_2CO_3$ , dan  $NaOH$  sebelum masuk reaktor,
- Evaporator,
- *Rotary Dryer*, yang digunakan untuk memanaskan udara kering.

#### **III. Listrik**

Kebutuhan listrik pabrik dipenuhi dari PT.PLN Persero. Listrik pada pabrik digunakan untuk penerangan pabrik, dan proses produksi sebagai tenaga penggerak beberapa peralatan proses seperti pompa dan peralatan proses kontrol.

#### **IV. Bahan Bakar**

Bahan bakar berfungsi untuk bahan bakar *boiler* dan pembangkit tenaga listrik.

### **VI.2 Syarat untuk Kebutuhan Air pada Pabrik *Trinatrium Phosphate***

#### **1. Air Sanitasi**

Air sanitasi digunakan untuk keperluan karyawan, laboratorium, perkantoran, pemadam kebakaran. Pada umumnya air sanitasi harus memenuhi syarat kualitas yang ditentukan sebagai berikut :

##### **a. Syarat fisik :**

- Suhu : Dibawah suhu udara sekitar
- Warna : Jernih
- Rasa : Tidak berasa
- Bau : Tidak berbau
- Kekeruhan : Kurang dari 1 mgr  $SiO_2$  / liter

##### **b. Syarat kimia :**

- pH = 6,5 – 8,5
- Kesadahan kurang dari 70  $CaCO_3$
- Tidak mengandung zat terlarut berupa zat organik dan zat anorganik
- Tidak mengandung zat-zat beracun

- Tidak mengandung logam berat, seperti Pb, Ag, Cr, Hg
- c. Syarat Biologi :
- Tidak mengandung kuman dan bakteri, terutama bakteri patogen
  - Bakteri *Escherichia Coli* kurang dari 1/100 ml.

## 2. Air Pendingin

Tugas unit penyediaan air pendingin adalah untuk menyediakan air pendingin yang memenuhi syarat-syarat sebagai air pendingin untuk keperluan operasional pada Reaktor, *Crystallizer*, dan kondenser. Adapun faktor-faktor digunakannya air pendingin adalah sebagai berikut :

- Air merupakan materi yang mudah didapat dalam jumlah besar
- Mudah diatur dan dijernihkan
- Dapat menyerap jumlah panas yang besar per satuan volume
- Tidak mudah menyusut dengan adanya perubahan temperatur dingin
- Tidak terdekomposisi

Syarat kualitas *cooling water* :

- a. Tidak mengandung *Hardness* dan Silika karena dapat menimbulkan kerak
- b. Tidak mengandung Besi karena dapat menimbulkan korosi
- c. Tidak mengandung minyak karena menyebabkan terganggunya *film corrosion* pada inhibitor, menurunkan heat transfer dan memicu pertumbuhan mikroorganisme.

## 3. Air Boiler

Air umpan boiler adalah air yang akan menjadi fase uap di dalam boiler, dimana telah mengalami perlakuan khusus antara lain penjernihan dan pelunakan, walaupun air terlihat bening atau jernih, namun pada umumnya masih mengandung larutan garam dan asam yang dapat merusak peralatan boiler.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengolahan Air Umpan Boiler :

- a. Zat-zat penyebab korosi  
Korosi dalam ketel disebabkan karena tidak sempurnanya pengaturan pH dan penghilangan oksigen, penggunaan kembali air kondensat yang banyak mengandung bahan-bahan pembentuk karat dan korosi yang terjadi selama ketel tidak dioperasikan.
- b. Zat penyebab 'scale foaming'  
Pembentukan kerak disebabkan adanya kesadahan dan suhu tinggi yang biasanya berupa garam-garam karbonat dan silika.
- c. Zat penyebab *foaming*  
Air yang diambil kembali dari proses pemanasan biasanya menyebabkan busa (*foam*) pada boiler, karena adanya zat-zat organik, anorganik dan zat tidak terlarut dalam jumlah besar. Efek pembusaan terutama terjadi pada alkalinitas tinggi. Sebelum air dari unit pengolahan air digunakan sebagai umpan boiler, dilakukan pelunakan air. Adapun tujuannya adalah untuk menghilangkan ion  $Mg^{2+}$  dan  $Ca^{2+}$  yang mudah sekali membentuk kerak. Kerak akan menghalangi perpindahan proses panas sehingga akan menyebabkan *overheating* yang memusat dan menyebabkan pecahnya pipa.

### VI.3 Tahapan Proses Pengolahan Air pada Pabrik *Trinatrium Phosphate*

#### a. Penyaringan dan Pemisahan

Tahap ini menggunakan *strainer* yang berfungsi untuk menyaring kotoran dari air sungai yang berukuran besar. Kemudian di pompa masuk ke dalam *skimming tank* untuk memisahkan air dengan minyak yang ikut terhisap dan kotoran yang larut dalam air dan mengendap (*slurry*).

#### b. Koagulasi dan Flokulasi

Tahap ini bertujuan untuk mengendapkan suspensi partikel koloid yang tidak terendapkan karena ukurannya sangat kecil dan muatan listrik pada permukaan partikel yang menimbulkan gaya tolak menolak antara partikel koloid. Untuk mengatasi masalah tersebut air dialirkan menuju tangki koagulasi dengan pengadukan cepat dan dilakukan penambahan koagulan berupa tawas ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) yang dapat memecahkan kestabilan yang ditimbulkan oleh muatan listrik tersebut. Hasil dari proses koagulasi didapatkan air dengan suasana asam. Kemudian, air dari tangki koagulasi dialirkan secara *over flow* kedalam tangki flokulasi dengan pengadukan lambatserta dengan menambahkan basa yaitu  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  sehingga pH dapat dinetralkan. Partikel-partikel koloid yang tidak stabil akan saling berkaitan sehingga terbentuk flok dengan ukuran besar dan mudah terendapkan. Setelah itu, air dari tangki flokulasi dialirkan secara *overflow* ke dalam *centerfeed clarifier*.

#### c. Pengendapan

Pengendapan dilakukan secara gravitasi dengan memakai *centerfeed clarifier* untuk mengendapkan flok yang terbentuk pada proses koagulasi dan flokulasi pada proses sebelumnya. Faktor yang mempengaruhi proses ini antara lain adalah laju alir dan waktu tinggal. Air yang bersih masuk ke dalam *filter* sedangkan lumpur atau flok-flok yang terbentuk masuk ke dalam bak tangki *slurry*.

#### d. Filtrasi

Tahap ini dilakukan dengan menggunakan *sand filter* yang digunakan untuk menyaring padatan tersuspensi. Makin banyak partikel padatan tertahan di *filter*, *pressure drop* akan semakin besar. Hal ini menyebabkan naiknya level air. Pada batas tertentu *filter* perlu dibersihkan agar operasi berlangsung normal.

Pembersihan *filter* dilakukan dengan *backwash*. *Filter* ini berisi pasir silika dengan penempatan ukuran yang berbeda-beda tiap lapisannya. Untuk ukuran 0,2-0,6 mesh diposisikan di lapisan atas, kemudian dilanjutkan dengan ukuran 2-3 mesh dan lapisan paling bawah ukuran sekitar 3-5 mesh.

Keluar dari *sand filter* air tersebut sudah sesuai spesifikasi. Air dari tahap ini disimpan dalam tangki penampung air bersih yang akan dialirkan menggunakan pompa ke tiga unit, yaitu unit demineralisasi, unit air pendingin, dan unit air sanitasi.

#### g. *Demineralizing Plant*

Tugas unit demineralisasi adalah :

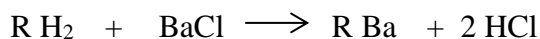
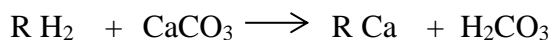
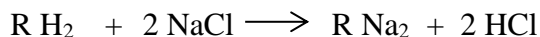
Mengolah air hasil penyaringan *sand filter* menjadi *demineralizing water* (air demin) yaitu air yang bebas mineral penyebab pengerakan dalam *boiler*. Mineral yang dimaksudkan

adalah mineral seperti ion positif ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ) dan ion negatif ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  dan lain-lain) yang dapat merusak alat dan mengganggu proses.

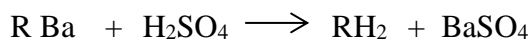
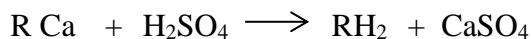
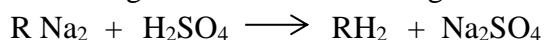
Proses pada *demineralizing plant* :

- **Kation Exchanger :**

Air kemudian dimasukan dari atas kedalam kation *exchanger*. Didalam kation *exchanger*, garam-garam Na, Ca, Mg, Ba diikat oleh resin kation dengan reaksi sebagai berikut:

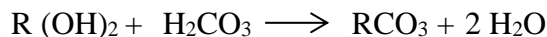
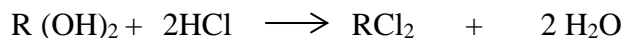
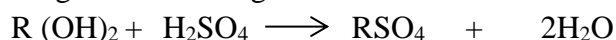


Daya tangkap ion tergantung dari kemampuan resin yang digunakan yaitu kemampuan menyerap  $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+$ . Pada kondisi tertentu resin kation tersebut jenuh dan perlu diregenerasi dengan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sebagai berikut :

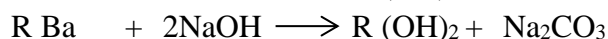
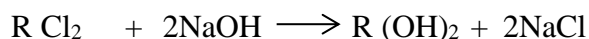
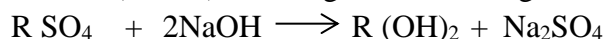


- **AnionExchanger :**

Dari bagian bawah kation *exchanger*, air kemudian dipompa masuk ke anion *exchanger*. Didalam anion *exchanger* berisi resin anion yang berfungsi mengikat (mengabsorb) sisa asam dengan reaksi sebagai berikut :



Sama halnya dengan kation *exchanger*, pada kondisi tertentu anion *exchanger* akan jenuhdengan indikasi adalah kadar silika lebih dari 0,1 ppm, pH air yang keluar turun, serta konduktivitas turun drastis. Anion yang sudah jenuh perlu diregenerasi dengan larutan *Caustic Soda* ( $\text{NaOH}$ ) 4% dengan reaksi sebagai berikut :



#### **h. Deaerator dan Proses Boiler**

Air demin dipompa ke Deaerator, untuk menghilangkan kandungan gas-gas pada air umpan boiler dan memasukkan penginjeksi *chemical hydrazine* ke dalam deaerator untuk mengikat oksigen yang terlarut dalam air umpan boiler. Selanjutnya air dipompa masuk ke dalam drum atas *Boiler*. Air didalam *tube boiler* (tipe pipa air) dipanasi, sehingga terbentuklah *steam*/uap. Uap yang terbentuk kemudian didistribusikan ke tangki penampung *steam* dan digunakan sesuai kebutuhan pabrik. Steam yang dihasilkan oleh sistem *boiler* pada pabrik *Trinatrium Phosphate* berupa *saturated steam*.

#### **VI.4 Utilitas pada Pabrik Trinatrium Phosphate**

Pabrik *Trinatrium Phosphate* dari bahan asam fosfat, natrium karbonat, dan natrium hidroksida menggunakan proses netralisasi asam fosfat memiliki sarana utilitas berupa air, *steam*

serta listrik. Berikut kebutuhan utilitas pada pabrik *Trinatrium Phosphate*:

#### VI.4.1 Air

Kebutuhan air untuk pabrik direncanakan diambil dari air sungai. Kebutuhan air pada pabrik *Trinatrium Phosphate* berasal dari air sungai Brantas. Air yang sudah mengalami proses *treatment* kemudian akan digunakan untuk menghasilkan *steam* dari unit boiler, air untuk keperluan sanitasi dan air pendingin.

Berikut ini jumlah kebutuhan air pada Pabrik *Trinatrium Phosphate*:

##### a. Air Sanitasi

Kebutuhan air sanitasi meliputi :

##### 1. Air untuk karyawan

Diketahui :

Menurut standar WHO kebutuhan air untuk tiap orang adalah  $0,2 \text{ m}^3/\text{hari}$ .

Jumlah karyawan : 300 orang

Kebutuhan air untuk total karyawan :  $60 \text{ m}^3/\text{hari}$

:  $2,5 \text{ m}^3/\text{jam}$

##### 2. Air untuk laboratorium

Direncanakan kebutuhan air untuk kebutuhan laboratorium adalah sebesar 20% dari kebutuhan karyawan, sehingga kebutuhan air untuk laboratorium adalah :

$$= 20\% \times 2,5 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,5 \text{ m}^3/\text{jam}$$

##### 3. Untuk pemadam kebakaran dan cadangan

Standar kebutuhan air untuk hidran kebakaran menurut SNI 19-6728.1-2002 sebesar 5% dari kebutuhan domestik (kebutuhan air karyawan), sehingga kebutuhan air adalah :

$$\text{Total Air Sanitasi} = \frac{5}{100} \times 2,5 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,125 \text{ m}^3/\text{hari}$$

**Jadi total kebutuhan air sanitasi =  $3,125 \text{ m}^3/\text{hari}$**

##### b. Air Pendingin

Jumlah kebutuhan untuk air pendingin didapatkan dari *Appendiks B-perhitungan neraca panas*. Air pendingin ini diperlukan pada beberapa alat di bawah ini :

**Tabel VI.2** Kebutuhan Air Pendingin

No.	Nama Peralatan	Kebutuhan air (kg/hari)
1.	Reaktor (R-110)	3806684.059
2.	Absorber (D-310)	2646581.027
3.	Kondensor (E-331)	2813775.206
4.	Reaktor (R-330)	4484425.33
5.	Barometric Kondensor (E-342)	7544419.706
6.	Crystallizer (X-350)	191626.8878
<b>Total</b>		<b>18626789,33</b>

$$\text{Total kebutuhan air pendingin} = \frac{21487512.22}{\text{Densitas air}}$$

$$= \frac{21487512.22}{995,68}$$

$$= 21580.74102 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Karena digunakan sistem sirkulasi untuk menghemat air, maka diasumsikan air pendingin yang ditambahkan selama pabrik dalam kondisi *steady* sebesar 10% dari total kebutuhan air pendingin. Sehingga, kebutuhan air pendingin = 10% x 21580,74102 m<sup>3</sup>/hari = 2158,074102 m<sup>3</sup>/hari

#### c. Air Umpan Boiler

Air yang dibutuhkan = *steam* yang dibutuhkan.

Berdasarkan perhitungan dari neraca panas, kebutuhan air umpan boiler untuk menghasilkan steam pada sistem pemrosesan ini berasal dari :

**Tabel VI.3**Kebutuhan Air Boiler

No.	Nama	Kebutuhan air (kg/hari)
1.	<i>Heater</i> H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (E-115)	9775.622232
2.	<i>Heater</i> Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (E-216)	19936.05694
3.	<i>Vaporizer</i> (E-312)	43992.78479
4.	<i>Stripper</i> (D-320)	43249.20731
5.	<i>Heater</i> NaOH (E-115)	9603.267001
6.	Evaporator (V-340A, V-340B, V-340C)	162819.8286
7.	<i>Steam Jet Ejector</i>	813.2956353
8.	<i>Heater</i> Udara (E-362)	76050.25973
9.	<i>Rotary Dryer</i> (B-360)	500805.1535
<b>Total</b>		<b>867045.4757</b>

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan air umpan boiler} &= \frac{867045.4757}{(\text{densitas air})} \\ &= \frac{867045.4757 \text{ kg/hari}}{995,68 \text{ kg/m}^3} \\ &= 870.8073 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Karena digunakan sistem sirkulasi untuk menghemat air, maka diasumsikan air umpan boiler yang ditambahkan selama pabrik dalam kondisi *steady* sebesar 20% dari total kebutuhan air umpan boiler. Sehingga, kebutuhan air umpan boiler = 20% x 870.8073 = 174.1614 m<sup>3</sup>/hari

Kebutuhan air total (dengan resirkulasi) adalah

$$\text{- Air sanitasi} = 3,125 \text{ m}^3/\text{hari}$$



- Air boiler	= 174.1614	m <sup>3</sup> /hari
- Air pendingin	= 2158,074102	m <sup>3</sup> /hari
Total	=2335.360574	m <sup>3</sup> /hari

#### VI.4.2 Unit Penyediaan Listrik

Listrik dibutuhkan selain untuk penerangan pabrik juga digunakan untuk menjalankan alat pabrik seperti reaktor, crystallizer, dan lain-lain. Sedangkan pada peralatan utilitas digunakan untuk menggerakkan pengaduk pada pompa, tangki koagulasi, flokulasi, dan peralatan utilitas lainnya. Kebutuhan listrik di pabrik *Trinatrium Phosphate* ini diperoleh dari PLN wilayah setempat.

#### VI.4.3 Bahan Bakar

Kebutuhan bahan bakar pada pabrik *Trinatrium Phosphate* ini ada 2, yaitu minyak IDO (*Industrial Diesel Oil*) dan solar. Jika minyak IDO tidak mencukupi untuk bahan bakar diesel dan boiler maka digunakan bahan bakar solar. Minyak IDO dipompakan ke boiler dengan menggunakan gear pump, dimana kebutuhan untuk minyak IDO sebesar 2000-3000 liter/hari yang diperoleh dari Pertamina.

## **BAB VII**

### **KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA**

#### **VII.1 Pendahuluan**

##### **VII.1.1 Keselamatan dan Kesehatan Kerja Secara Umum**

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah suatu program yang dibuat pemerintah yang harus dipatuhi dan dilaksanakan pengusaha maupun pekerja sebagai upaya mencegah timbulnya kecelakaan akibat kerja dan penyakit akibat kerja dengan cara mengenali hal yang berpotensi menimbulkan kecelakaan dan penyakit akibat kerja serta tindakan antisipatif apabila terjadi kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Tujuannya adalah untuk menciptakan tempat kerja yang nyaman, dan sehat sehingga dapat menekan serendah mungkin resiko kecelakaan dan penyakit akibat kerja (*Ilfani & Nugrahaeni, 2013*).

Menurut Suma'mur (1981), tujuan keselamatan kerja adalah:

1. Para pegawai mendapat jaminan keselamatan dan kesehatan kerja.
2. Agar setiap perlengkapan dan peralatan kerja dapat digunakan sebaik-baiknya.
3. Agar semua hasil produksi terpelihara keamanannya.
4. Agar adanya jaminan atas pemeliharaan dan peningkatan gizi pegawai.
5. Agar dapat meningkatkan kegairahan, keserasian, dan partisipasi kerja.
6. Terhindar dari gangguan kesehatan yang disebabkan oleh lingkungan kerja.
7. Agar pegawai merasa aman dan terlindungi dalam bekerja,

Kondisi pekerja sangat menentukan terjadinya kecelakaan kerja. Faktor-faktor yang menentukan kondisi pekerja yaitu:

##### a) Kondisi Mental dan Fisik

Kondisi tersebut sangat berpengaruh dalam menjaalkan proses produksi karena dengan kondisi mental dan fisik



yang buruk dapat mengakibatkan kecelakaan kerja.

b) Kebiasaan kerja yang baik dan aman

Pada saat melakukan pekerjaan, pekerja harus dapat dituntut untuk bekerja secara disiplin agar tidak lalai yang dapat mengakibatkan kecelakaan kerja.

c) Pemakaian alat-alat pelindung diri

Kurangnya kesadaran dalam pemakaian alat-alat pelindung karena dirasa tidak nyaman oleh pekerja dapat mengakibatkan kecelakaan kerja.

Kesehatan kerja mencakup kegiatan yang bersifat komprehensif berupa upaya promotif, preventif, kuratif dan rehabilitatif. Upaya promotif berupa penyuluhan, pelatihan dan peningkatan pengetahuan tentang upaya hidup sehat dalam bekerja, disamping kegiatan pencegahan (preventif) terhadap resiko gangguan kesehatan, lebih mengemuka dalam disiplin kesehatan kerja.

### VII.1.2 Kecelakaan Kerja

Kecelakaan industri ini secara umum dapat diartikan sebagai suatu kejadian yang tidak diduga semula dan tidak dikehendaki yang mengacaukan proses yang telah diatur dari suatu aktivitas. Kecelakaan kerja merupakan kecelakaan seseorang atau kelompok dalam rangka melaksanakan kerja di lingkungan perusahaan yang terjadi secara tiba-tiba, tidak diduga sebelumnya, tidak diharapkan terjadi, menimbulkan kerugian ringan sampai yang paling berat dan bisa menghentikan kegiatan pabrik secara total. Penyebab kecelakaan kerja dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu:

1. Kecelakaan yang disebabkan oleh tindakan manusia yang tidak melakukan tindakan penyelamatan. Contohnya pakaian kerja, penggunaan peralatan pelindung diri, falsafah perusahaan, dan lain-lain.
2. Kecelakaan yang disebabkan oleh keadaan lingkungan kerja yang tidak aman. Contohnya penerangan, sirkulasi udara, temperatur, kebisingan, getaran, penggunaan



indikator warna, tanda peringatan, sistem upah, jadwal kerja, dan lain-lain (*Kusuma & Darmastuti, 2010*).

Menurut Peraturan Pemerintah No.11 Th. 1979, kecelakaan dibagi menjadi 4 macam, antara lain:

1. Kecelakaan ringan, kecelakaan yang terjadi tetapi tidak menimbulkan hilangnya jam kerja.
2. Kecelakaan sedang, kecelakaan yang terjadi sehingga menimbulkan hilangnya jam kerja tetapi tidak menimbulkan cacat jasmani.
3. Kecelakaan berat, kecelakaan yang terjadi sehingga berakibat fatal dan menyebabkan cacat jasmani.
4. Kecelakaan mati, kecelakaan yang menyebabkan hilangnya nyawa manusia.

Menurut Suma'mur (1996), kecelakaan akibat kerja adalah kecelakaan yang berhubungan dengan hubungan kerja pada perusahaan. Hubungan kerja dapat berarti bahwa kecelakaan itu terjadi karena pekerjaan atau pada waktu melaksanakan pekerjaan. Kadang-kadang kecelakaan akibat kerja diperluas ruang lingkupnya, sehingga meliputi juga kecelakaan-kecelakaan tenaga kerja yang terjadi pada saat perjalanan atau *transport* ke dan dari tempat kerja. Pada pabrik *Smelter Grade Alumina* ini, keselamatan dan kesehatan kerja adalah bagian yang mendapatkan perhatian khusus, oleh karena dilakukan usaha-usaha pencegahan yang bertujuan untuk melindungi tenaga kerja atas hak keselamatannya dalam melakukan pekerjaan, menjamin keselamatan setiap orang yang berada di tempat kerja dan memelihara serta menggunakan sumber produksi secara aman dan efisien.

Berikut ini merupakan teori tiga faktor utama tentang penyebab kecelakaan:

1. Faktor manusia

Faktor manusia ini meliputi:

- Umur : Umur harus mendapat perhatian karena akan mempengaruhi kondisi fisik, mental, kemampuan kerja, dan tanggung jawab seseorang.



- Jenis Kelamin : Secara anatomis, fisiologis dan psikologis tubuh wanita dan pria memiliki perbedaan sehingga dibutuhkan penyesuaian-penyesuaian dalam beban dan kebijakan kerja, diantaranya yaitu hamil dan haid.
  - Masa kerja.
  - Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) : Penggunaan seperangkat alat yang digunakan tenaga kerja untuk melindungi sebagian atau seluruh tubuhnya dari adanya potensi bahaya atau kecelakaan kerja.
  - Tingkat Pendidikan : Semakin tinggi tingkat pendidikan seseorang, maka mereka cenderung untuk menghindari potensi bahaya yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan.
  - Perilaku pekerja.
  - Pelatihan Keselamatan dan Kesehatan Kerja.
  - Peraturan K3 : Sebaiknya peraturan dibuat dan dilaksanakan dengan sebaik-baiknya untuk mencegah dan mengurangi terjadinya kecelakaan.
2. Faktor Lingkungan
- Faktor lingkungan ini meliputi:
- Kebisingan : Sesuai dengan Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor: KEP-51/MEN/1999 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika di Tempat Kerja, Intensitas kebisingan yang dianjurkan adalah 85 dB untuk 8 jam kerja.
  - Suhu Udara : Produktivitas kerja manusia akan mencapai tingkat yang paling tinggi pada temperatur sekitar 24°C-27°C.
  - Penerangan.
  - Lantai licin : Lantai dalam tempat kerja harus terbuat dari bahan yang keras, tahan air dan bahan kimia yang merusak.



### 3. Faktor Peralatan

Faktor peralatan ini meliputi:

- Kondisi mesin : Apabila keadaan mesin rusak dan tidak segera diantisipasi dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja.
- Ketersediaan alat pengaman mesin
- Letak mesin

Dalam studi ini Suma'mur (1989), menyatakan bahwa bahaya-bahaya yang mungkin dapat menimpa para pekerja adalah sebagai berikut:

#### 1. Bahaya Fisik

- Kebisingan diatas 95 dB
- Suhu tinggi/rendah
- Penerangan
- Ventilasi
- Tata ruang yang tidak teratur

#### 2. Bahaya Mekanik

- Benda-benda bergerak atau berputar
- Sistem pengamanan tidak bekerja atau tidak terpasang

#### 3. Bahaya Kimia

Bahan-bahan kimia yang dapat membahayakan keselamatan dan kesehatan pekerja adalah bahan-bahan bersifat racun dan dapat merusak kulit bila tersentuh.

#### 4. Bahaya Kebocoran

Kebocoran aliran steam pada proses produksi *Smelter Grade Alumina* ini merupakan bahaya laten yang harus diwaspadai. Maka dari itu pada perpipaan yang akan dilalui steam hendaknya dilakukan penanganan dan pengawasan khusus karena kebocoran pada sistem perpipaan ini akan menimbulkan bahaya yang berakibat fatal, mengingat steam yang digunakan dalam pabrik ini adalah steam pada semua sambungan pipa, tangki-tangki penampung reaktor

---



dan *heat exchanger*. Maka sebaiknya untuk pipa diletakkan diatas permukaan tanah dan bila terpaksa dipasang di bawah tanah, serta dilengkapi dengan *fire stop* dan *drainage* (pengeluaran) pada jarak tertentu untuk mencegah terjadinya kontaminasi.

#### **5. Bahaya Kebakaran dan Ledakan**

Dapat terjadi pada hamper semua alat yang dapat disebabkan karena adanya loncatan bunga api, aliran listrik, serta tekanan yang terlalu tinggi.

### **VII.2 Alat Pelindung Diri (APD)**

#### **VII.2.1 Penjelasan APD Secara Umum**

Sesuai dengan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor Peraturan 08 Tahun 2010 yang menerangkan bahwa Alat Pelindung Diri yang selanjutnya disingkat APD adalah suatu alat yang mempunyai kemampuan untuk melindungi seseorang yang fungsinya mengisolasi sebagian atau seluruh tubuh dari potensi bahaya di tempat kerja. Pengusaha wajib menyediakan APD bagi pekerja/buruh di tempat kerja dan harus sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) atau standar yang berlaku seperti yang sudah diatur dalam UU No. 08 tahun 2010. APD yang dimaksud meliputi :

- a. Pelindung kepala
- b. Pelindung mata dan muka
- c. Pelindung telinga
- d. Pelindung pernapasan beserta perlengkapannya.
- e. Pelindung tangan
- f. Pelindung kaki
- g. Pakaian pelindung
- h. Alat pelindung jatuh perorangan
- i. Pelampung (jika dibutuhkan)



### VII.2.2 Syarat-syarat Alat Pelindung Diri

1. Memiliki daya cegah dan memberikan perlindungan yang efektif terhadap jenis bahaya yang dihadapi oleh tenaga kerja.
2. Konstruksi dan kemampuannya harus memenuhi standar yang berlaku.
3. Efisien, ringan, dan nyaman dipakai.
4. Tidak mengganggu gerakan-gerakan yang diperlukan.
5. Tahan lama dan pemeliharannya mudah.

### VII.2.3 Jenis-jenis Alat Pelindung Diri Secara Umum

Penjelasan jenis-jenis alat pelindung diri yang tercantum dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor 08 Tahun 2010 tentang Alat Pelindung Diri yaitu :

#### 1. Alat Pelindung Kepala

Alat pelindung kepala adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi kepala dari benturan, terantuk, kejatuhan atau terpukul benda tajam atau benda keras yang melayang atau meluncur di udara, terpapar oleh radiasi panas, api, percikan bahan-bahan kimia dan suhu yang ekstrim. Jenis alat pelindung kepala terdiri dari helm pengaman (*safety helmet*), topi atau tudung kepala, penutup atau pengaman rambut, dan lain-lain.

#### 2. Alat Pelindung Mata dan Muka

Alat pelindung mata dan muka adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi mata dan muka dari paparan bahan kimia berbahaya, paparan partikel-partikel yang melayang di udara dan di badan air, percikan benda-benda kecil, panas, atau uap panas, radiasi gelombang elektromagnetik, pancaran cahaya, benturan atau pukulan benda keras atau benda tajam. Jenis alat pelindung mata dan muka terdiri dari kacamata pengaman, *goggles*, tameng muka (*face shield*), masker selam, tameng muka dan kacamata pengaman dalam kesatuan (*full face masker*).





### 3. Alat Pelindung Telinga

Alat pelindung telinga adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi alat pendengaran terhadap kebisingan atau tekanan. Jenis alat pelindung telinga terdiri dari sumbat telinga (*ear plug*) yang digunakan di daerah bising dengan tingkat kebisingan sampai dengan 95 dB, dan penutup telinga (*ear muff*) yang digunakan di daerah bising dengan tingkat kebisingan lebih dari 95 dB.

### 4. Alat Pelindung Pernafasan Beserta Perlengkapannya

Alat pelindung pernapasan beserta perlengkapannya adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi organ pernapasan dengan cara menyalurkan udara bersih dan sehat dan/atau menyaring cemaran bahan kimia, mikro-organisme, partikel yang berupa debu, kabut (*aerosol*), uap, asap, gas/fume, dan sebagainya. Jenis alat pelindung pernapasan dan perlengkapannya terdiri dari masker, respirator, katrit, *canister filter*, *Re-breather*, *Airline respirator*, *Continues Air Supply Machine* (*Air Hose Mask Respirator*), tangki selam dan regulator (*Self-Contained Underwater Breathing Apparatus/SCUBA*), *Self-Contained Breathing Apparatus (SCBA)*, dan *emergency breathing apparatus*.

### 5. Alat Pelindung Tangan

Pelindung tangan (sarung tangan) adalah alat pelindung yang berfungsi untuk melindungi tangan dan jari-jari tangan dari pajanan api, suhu panas, suhu dingin, radiasi elektromagnetik, radiasi mengion, arus listrik, bahan kimia, benturan, pukulan dan tergores, terinfeksi zat patogen (virus, bakteri) dan jasad renik. Jenis pelindung tangan terdiri dari sarung tangan yang terbuat dari logam, kulit, kain kanvas, kain atau kain berlapis, karet, dan sarung tangan yang tahan bahan kimia.

### 6. Alat Pelindung Kaki

Alat pelindung kaki berfungsi untuk melindungi kaki dari tertimpa atau berbenturan dengan benda-benda berat,



tertusuk benda tajam, terkena cairan panas atau dingin, uap panas, terpajan suhu yang ekstrim, terkena bahan kimia berbahaya dan jasad renik, tergelincir. Jenis Pelindung kaki berupa sepatu keselamatan pada pekerjaan peleburan, pengecoran logam, industri, kontruksi bangunan, pekerjaan yang berpotensi bahaya peledakan, bahaya listrik, tempat kerja yang basah atau licin, bahan kimia dan jasad renik, dan/atau bahaya binatang dan lain-lain.

#### 7. Pakaian Pelindung

Pakaian pelindung berfungsi untuk melindungi badan sebagian atau seluruh bagian badan dari bahaya temperatur panas atau dingin yang ekstrim, api dan benda-benda panas, percikan bahan-bahan kimia, cairan dan logam panas, uap panas, benturan (*impact*) dengan mesin, peralatan dan bahan, tergores, radiasi, binatang, mikroorganisme patogen dari manusia, binatang, tumbuhan dan lingkungan seperti virus, bakteri dan jamur. Jenis pakaian pelindung terdiri dari rompi (*Vests*), celemek (*Apron/Coveralls*), Jacket, dan pakaian pelindung yang menutupi sebagian atau seluruh bagian badan.

#### 8. Alat Pelindung Jatuh Perorangan

Alat pelindung jatuh perorangan berfungsi membatasi gerak pekerja agar tidak masuk ke tempat yang mempunyai potensi jatuh atau menjaga pekerja berada pada posisi kerja yang diinginkan dalam keadaan miring maupun tergantung dan menahan serta membatasi pekerja jatuh sehingga tidak membentur lantai dasar. Jenis alat pelindung jatuh perorangan terdiri dari sabuk pengaman tubuh (*harness*), karabiner, tali koneksi (*lanyard*), tali pengaman (*safety rope*), alat penjepit tali (*rope clamp*), alat penurun (*decender*), alat penahan jatuh bergerak (*mobile fall arrester*), dan lain-lain.

#### 9. Pelampung

Pelampung berfungsi melindungi pengguna yang bekerja di atas air atau dipermukaan air agar terhindar dari bahaya



tenggelam dan atau mengatur keterapungan (*buoyancy*) pengguna agar dapat berada pada posisi tenggelam (*negative buoyant*) atau melayang (*neutral buoyant*) di dalam air. Jenis pelampung terdiri dari jaket keselamatan (*life jacket*), rompi keselamatan (*life vest*), rompi pengatur keterapungan (*bouyancy control device*).

### VII.3 Instalasi Pemadam Kebakaran

Unit Pemadam Kebakaran mutlak untuk setiap pabrik karena bahaya kebakaran mungkin terjadi dimanapun, terutama di tempat-tempat yang mempunyai instalasi pelistrikan. Kebakaran dapat disebabkan karena adanya api kecil, kemudian secara tidak terkontrol dapat menjadi kebakaran besar. Untuk meminimalkan kerugian material akibat bahaya kebakaran ini setiap pabrik harus memiliki dua macam instalasi pemadam kebakaran, yaitu :

- Instalasi tetap : *hydran, sprinkel, dry chemical power*
- Instalasi tidak tetap : *fire extinguisher*

Untuk instalasi pemadam tetap perangkatnya tidak dapat dibawa-bawa, diletakkan ditempat-tempat tertentu yang rawan bahaya kebakaran, misalnya: dekat reaktor, *boiler*, diruang operasi (Operasi Unit), atau *power station*. Sedangkan instalasi pemadam kebakaran tidak tetap perangkatnya dapat dibawa dengan mudah ke tempat dimana saja.

### VII.4 Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Area Pabrik Trinatrium Fosfat

#### VII.4.1 Sistem yang Digunakan pada Pabrik Trinatrium Fosfat

##### 1. Sistem Manajemen

Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang menjelaskan bahwa Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang selanjutnya disingkat SMK3 adalah bagian dari sistem manajemen perusahaan secara keseluruhan dalam rangka



pengendalian resiko yang berkaitan dengan kegiatan kerja guna terciptanya tempat kerja yang aman, efisien dan produktif. Adapun tujuan dari penerapan SMK3 bertujuan untuk :

- a. Meningkatkan efektifitas perlindungan keselamatan dan kesehatan kerja yang terencana, terukur, terstruktur dan terintegrasi.
- b. Mencegah dan mengurangi kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja dengan melibatkan unsur manajemen, pekerja/buruh, dan/atau serikat pekerja/serikat buruh
- c. Menciptakan tempat kerja yang aman, nyaman dan efisien untuk mendorong produktivitas.

Sistem manajemen pada pabrik Trinatrium Fosfat meliputi:

- Pelaksanaan prosedur kerja dengan menggunakan buku pedoman Keselamatan Kerja.
- Pokok-pokok kebijaksanaan direksi dalam bidang K3.
- Pembuatan usaha-usaha untuk mengatasi bahaya yang mungkin timbul di tempat kerja.

## 2. Sistem Komunikasi

Yaitu tersedianya alat komunikasi yang menghubungkan antar unit baik dengan sistem telepon maupun dengan sistem *wireless* yang di *setting* berdasarkan tempat-tempat yang telah ditentukan untuk *start*, *stop*, dan *emergency* pengoperasian.

## 3. Sistem Alarm Pabrik

Sistem alarm dalam pabrik digunakan untuk mendeteksi asap jika terjadi kebakaran atau tanda bahaya. Sehingga apabila terjadi bahaya sewaktu-waktu pada karyawan dapat segera mengetahui.

## 4. Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD)

### VII.4.2 Alat Pelindung Diri yang Digunakan pada Pabrik Trinatrium Fosfat

Beberapa area untuk karyawan yang harus diperhatikan dalam

---




pabrik demi keselamatan kerja yaitu :

**a. Area Tangki Penampung**

Pada tangki penampung di area pabrik Trinatrium Fosfat ini rata-rata pada kondisi temperatur kamar dan bertekanan atmosfer. Pada kawasan ini pekerja/karyawan diwajibkan menggunakan:

No	Nama Alat	Fungsi	Gambar
1.	<i>welding glasses</i>	untuk pencegahan awal jika terdapat partikel-partikel berbahaya akibat dari proses dan jika terjadi adanya kebocoran pada tangki yang jika terkena mata akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan	
2.	Sarung tangan kulit/PVC	untuk melindungi tangan dari panas terutama saat pengambilan sampel	
3.	Sepatu pengaman ( <i>safety shoes</i> )	untuk melindungi kaki dari bahaya panas atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif dan terlindung dari kebocoran tangki	
4.	<i>Safety helmet</i>	untuk melindungi kepala dari bahaya panas atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif dan terlindung dari kebocoran tangki	




5.	Baju pelindung	sebagai pelindung badan	
----	----------------	-------------------------	--

**b. Area Pompa**

Pada daerah perpompaan ini pekerja/karyawan diwajibkan menggunakan:

No	Nama Alat	Fungsi	Gambar
1.	<i>Welding mask</i> atau <i>welding glasses</i>	sebagai pencegahan awal jika terjadi adanya kebocoran pada pipa penghubung pompa yang jika terkena mata akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan	
2.	Sarung tangan karet	untuk melindungi tangan dari bahaya listrik, larutan asam atau basa yang bersifat korosif	
3.	Sepatu pengaman ( <i>safety shoes</i> )	untuk melindungi kaki dari bahaya panas atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif dan terlindung dari kebocoran tangki	
4.	<i>Safety helmet</i>	melindungi kepala dari bahaya terpercik aliran panas atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif akibat dari kebocoran pompa atau pipa	



5.	Baju pelindung	sebagai pelindung badan	
----	----------------	-------------------------	---

### c. Area Sistem Perpipaan

Pada kawasan perpipaan karyawan diwajibkan untuk pemakaian alat pelindung diri diantaranya:

No	Nama Alat	Fungsi	Gambar
1.	Sarung tangan karet  sarung tangan kulit/PVC	untuk melindungi tangan dari bahaya larutan asam atau basa yang bersifat korosif untuk melindungi dari benda-benda tajam/kasar dan benda-benda bersuhu tinggi	
2.	Sepatu pengaman ( <i>safety shoes</i> )	untuk melindungi kaki dari percikan aliran panas atau larutan asam atau basa yang bersifat korosif akibat dari kebocoran pipa	
3.	<i>Safety helmet</i>	untuk melindungi kepala dari bahaya terpercik aliran panas atau larutan asam ataupun basa yang bersifat korosif akibat dari kebocoran pompa atau pipa	
4.	Baju pelindung	sebagai pelindung badan	

**d. Area Reaktor, *Evaporator*, *Crystallizer***

Pada daerah reaktor, *evaporator*, dan *crystallizer* ini karyawan diwajibkan menggunakan:

No	Nama Alat	Fungsi	Gambar
1.	<i>welding glasses</i>	untuk pencegahan awal jika terdapat partikel berbahaya akibat dari proses dan jika terjadi adanya kebocoran pada reaktor yang jika terkena mata akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan	
2.	Sarung tangan kulit/PVC	untuk melindungi dari benda-benda yang bersuhu tinggi ataupun fluida yang bersifat korosif	
3.	Sepatu pengaman ( <i>safety shoes</i> )	untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda-benda berat, terpercik aliran panas atau terlalu panasnya larutan asam atau basa yang bersifat korosif akibat dari kebocoran pada reaktor, <i>evaporator</i> atau <i>crystallizer</i>	
4.	<i>Safety helmet</i>	untuk melindungi kepala dari benturan benda-benda keras atau kejatuhan benda-benda keras	
5.	<i>Ear plug</i>  <i>Ear muff</i>	(dapat menahan suara sampai 39dB) (dapat menahan suara sampai 41dB)	

**e. Area Rotary Dryer**






Pada daerah *rotary dryer* ini karyawan diwajibkan menggunakan:

No	Nama Alat	Fungsi	Gambar
1.	<i>Dust respirator</i>	sebagai masker dari debu yang berkonsentrasi untuk mencegah adanya gangguan pada organ pernapasan	
2.	<i>welding glasses</i>	untuk pencegahan awal jika ada partikel kecil yang berbahaya jika terkena mata dan akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan	
3.	Sarung tangan terpal	untuk melindungi tangan dari pekerjaan yang berhubungan dengan panas khususnya pada area <i>rotary dryer</i>	
4.	<i>(safety shoes)</i>	untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda-benda berat	
5.	<i>Safety helmet</i>	untuk melindungi kepala dari benturan benda-benda keras atau kejatuhan benda-benda keras	
6.	Baju pelindung ( <i>Cattle pack</i> )	sebagai pelindung badan dari radiasi panas pada sistem pengeringan ( <i>rotary dryer</i> )	





7.	<i>Ear plug</i>  <i>Ear muff</i>	(dapat menahan suara sampai 39dB) (dapat menahan suara sampai 41dB)	
----	--	--	--

**f. Area *Heat Exchanger***

Pada daerah *heat exchanger* ini karyawan diwajibkan menggunakan:

No	Nama Alat	Fungsi	Gambar
1.	<i>welding glasses</i>	untuk pencegahan awal jika ada partikel-partikel berbahaya akibat dari proses dan jika terjadi adanya kebocoran pada <i>heat exchanger</i> yang jika fluida terkena mata akan menyebabkan iritasi atau bahkan kebutaan	
2.	Sarung tangan kulit/PVC	untuk melindungi dari benda-benda ataupun fluida yang bersuhu tinggi jika ada kebocoran	
3.	Sepatu pengaman ( <i>safety shoes</i> )	untuk melindungi kaki dari bahaya kejatuhan benda-benda berat, terpercik larutan asam atau basa yang bersifat korosif akibat dari kebocoran <i>tube</i> pada <i>heat exchanger</i>	



4.	<i>Safety helmet</i>	untuk melindungi kepala dari benturan benda-benda keras atau kejatuhan benda-benda keras.	
5.	Baju pelindung	untuk melindungi badan dari fluida korosif	

### VII.4.3 Keselamatan Pabrik yang Digunakan pada Area Pabrik Trinatrium Fosfat

#### 1. Area Tangki Penampung

Pada tangki penampung bahan yang korosif, harus dilengkapi dengan sistem keamanan yang berupa:

- Pemberian Label dan spesifikasi bahannya.
- Serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3

#### 2. Area Pompa

Pada pompa harus dilengkapi dengan penutup pompa serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3.

#### 3. Area Sistem Perpipaan

Pada sistem perpipaan digunakan pengecatan secara berbeda pada tiap aliran fluida, misalnya fluida panas digunakan pipa yang sudah dicat warna merah, sedangkan aliran fluida dingin digunakan warna biru, serta pengecekan secara berkala oleh petugas K3. Selain itu penempatan perpipaan haruslah aman atau tidak mengganggu jalannya proses serta kegiatan dari para pekerja atau karyawan.

#### 4. Area *Heat Exchanger*

Pada area *Heat Exchanger* khususnya *Heater* dilengkapi dengan isolator untuk mencegah terjadinya radiasi panas yang tinggi, sedangkan pada *Boiler* mempunyai level suara sampai batas 85 dB, serta pengecekan secara berkala oleh



petugas K3.

#### **5. Area Pabrik secara Umum/Keseluruhan**

- Disediakan jalan diantara *plant-plant* yang berguna untuk kelancaran transportasi para pekerja serta memudahkan pengendalian pada saat keadaan darurat (misalnya: kebakaran)
- Disediakan *hydrant* disetiap *plant* (unit) untuk menanggulangi/pencegahan awal pada saat terjadi kebakaran/peledakan.
- Memasang alarm disetiap *plant* (unit) sebagai tanda peringatan awal adanya keadaan darurat.
- Disediakan pintu dan tangga darurat yang dapat digunakan sewaktu-waktu pada saat terjadi keadaan darurat.



Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB VIII INSTRUMENTASI**

### **VIII.1 Instrumentasi Secara Umum**

Instrumentasi adalah peralatan yang dipakai di dalam suatu proses kontrol untuk mengatur jalannya suatu proses agar diperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan. Dalam suatu pabrik kimia, pemakaian instrumen merupakan suatu hal yang sangat penting karena dengan adanya rangkaian instrumen tersebut maka operasi semua peralatan yang ada di dalam pabrik dapat dimonitor dan dikontrol dengan cermat, mudah dan efisien. Alat-alat instrumentasi dipasang pada setiap peralatan proses dengan tujuan agar sarjana teknik dapat memantau dan mengontrol kondisi di lapangan. Dengan adanya instrumentasi ini pula, para sarjana teknik dapat segera melakukan tindakan apabila terjadi kejanggalan dalam proses. Namun pada dasarnya, tujuan pengendalian tersebut adalah agar kondisi proses di pabrik mencapai tingkat kesalahan (*error*) yang paling minimum sehingga produk dapat dihasilkan secara optimal (*Considine, 1985*).

Fungsi instrumentasi adalah sebagai pengontrol (*controller*), penunjuk (*indicator*), pencatat (*recorder*), dan pemberi tanda bahaya (*alarm*). Instrumentasi bekerja dengan tenaga mekanik atau tenaga listrik dan pengontrolannya dapat dilakukan secara manual atau otomatis. . Penggunaan instrumen pada suatu peralatan proses tergantung pada pertimbangan ekonomi dan sistem peralatan itu sendiri. Pada pemakaian alat-alat instrumen juga harus ditentukan apakah alat-alat tersebut dipasang diatas papan instrumen dekat peralatan proses (kontrol manual) atau disatukan dalam suatu ruang kontrol yang dihubungkan dengan bangsal peralatan (kontrol otomatis) (*Timmerhaus, 2004*).

Secara garis besar, alat-alat kontrol dapat diklasifikasikan atas:

a. Penunjuk (*Indicator*)

*Indicator* adalah suatu alat yang (biasanya terletak pada tempat dimana pengukuran untuk proses tersebut dilakukan) memberikan harga dari besaran (variabel) yang diukur. Besaran ini merupakan besaran sesaat.

b. Pengirim (*Transmitter*)

Adalah satu elemen dari sistem pengendalian proses. Untuk mengukur besaran dari suatu proses digunakan alat ukur yang disebut sebagai sensor (bagian yang berhubungan langsung dengan medium yang diukur), dimana transmitter kemudian mengubah sinyal yang diterima dari sensor menjadi sinyal standart. Transmitter adalah alat yang mengukur harga dari suatu besaran seperti suhu, tinggi permukaan dan mengirim sinyal yang diperolehnya keperalatan lain misal recorder, indicator atau alarm.

c. Pencatat (*Recorder*)

*Recorder* (biasanya terletak jauh dari tempat dimana besaran proses diukur), bekerja untuk mencatat harga-harga yang diperoleh dari pengukuran secara kontinyu atau secara periodik.

d. Pengatur (*Controller*)

*Controller* adalah suatu alat yang membandingkan harga besaran yang diukur dengan harga sebenarnya yang diinginkan bagi besaran itu dan memberikan sinyal untuk pengkoreksian kesalahan, jika terjadi perbedaan antara harga besaran yang diukur dengan harga besaran yang sebenarnya.

e. Katup pengatur (*Control valves*)

Sinyal koreksi yang dihasilkan oleh *controller* berfungsi untuk mengoperasikan *control valve* untuk memperbaiki atau meniadakan kesalahan tersebut. Biasanya *controller* ditempatkan jauh dari tempat pengukuran. *Controller* juga dapat berfungsi (dilengkapi) untuk dapat mencatat atau mengukur.



Instrumentasi selain digunakan untuk mengetahui kondisi operasi juga berfungsi untuk mengatur nilai-nilai variabel proses, baik secara manual maupun secara otomatis untuk mengingatkan operator akan kondisi yang kritis dan berbahaya. Tujuan dari pemasangan alat instrumentasi bagi perencanaan suatu pabrik sebagai berikut:

1. Untuk menjaga proses instrumentasi agar tetap aman, yaitu dengan cara:
  - Mendeteksi adanya kondisi yang berbahaya sedini mungkin, dan membuat tanda-tanda bahaya secara *interlock* otomatis jika kondisi kritis muncul.
  - Menjaga variabel-variabel proses benda pada batas kondisi yang aman.
2. Menjaga jalannya suatu proses produksi agar sesuai dengan yang dikehendaki.
3. Menekan biaya produksi serendah mungkin dengan tetap memperhatikan faktor-faktor yang lainnya atau efisiensi kerja.
4. Menjaga kualitas agar tetap berada dalam standar yang ditetapkan.
5. Memperoleh hasil kerja yang efisien.
6. Membantu dalam keselamatan kerja bagi pekerja dan karyawan pabrik.

Pengendalian variabel proses dapat dilakukan secara manual maupun secara otomatis. Pengaturan secara manual, biasanya peralatan yang dikontrol hanya diberi instrument penunjuk atau pencatan saja, sedangkan untuk pengendalian secara otomatis diperlukan beberapa elemen, yaitu :

1. Sensor  
Sensor adalah suatu alat yang sangat sensitif terhadap perubahan besaran fisik yang terjadi dalam suatu proses.
2. Elemen penguat  
Elemen penguat berfungsi untuk mengubah perubahan besaran fisik yang dideteksi oleh sensor menjadi signal





yang dapat dibaca oleh *controller*.

3. *Controller*

*Controller* merupakan elemen yang berfungsi mengatur besaran proses agar tetap sesuai dengan kondisi yang dikehendaki (sesuai dengan set point yang diinginkan) agar peralatan produksi dapat beroperasi secara optimum.

4. Element pengontrol akhir

Element yang berfungsi untuk mewujudkan signal koreksi dari *controller* menjadi aksi yang dapat mengembalikan kondisi variabel proses ke harga yang telah ditetapkan.

Faktor-faktor yang diperlukan dalam pemilihan instrumentasi adalah:

- *Sensitivity*
- *Readability*.
- *Accuracy*
- *Precision*
- Bahan konstruksi serta pengaruh pemasangan peralatan instrumentasi pada kondisi proses.
- Faktor – faktor ekonomi

## VIII.2 Jenis-Jenis Alat Kontrol dalam Bidang Industri :

1. *Temperature Indicator* ( TI )

Fungsi : untuk mengetahui temperatur operasi pada alat dengan pembacaan langsung pada alat ukur tersebut. Jenis *temperature indicator* yang biasa digunakan antara lain : *Thermometer*, Termokopel.

2. *Temperature Controller* ( TC )

Fungsi : untuk mengendalikan atau mengatur temperatur operasi sesuai dengan kondisi yang diminta.



3. *Temperature Recorder Controlller* ( TRC )

Fungsi : untuk mencatat dan mengendalikan temperatur operasi.

4. *Pressure Indicator* (PI)

Fungsi : untuk mengetahui tekana operasi pada alat dengan pembacaan langsung pada alat ukur tersebut. Jenis *pressure indicator* yang biasa digunakan antara lain : *Pressure Gauge*.

5. *Pressure Controller* ( PC )

Fungsi : untuk mengendalikan tekanan operasi sesuai dengan kondisi yang diminta .

6. *Pressure Recorder Controller* ( PRC )

Fungsi : untuk mencatat dan mengatur tekanan dalam alat secara terus menerus sesuai dengan kondisi yang diminta.

7. *Flow Controller* ( FC )

Fungsi : untuk menunjukkan dan mengendalikan laju suatu aliran dalam suatu peralatan seperti yang telah ditetapkan. Jenis *flow controller* yaitu *control valve*.

8. *Flow Recorder Controller* ( FRC )

Fungsi : untuk mencatat dan mengatur debit aliran cairan secara terus menerus.

9. *Level Indicator* ( LI )

Fungsi : untuk mengetahui tinggi cairan dalam suatu alat.

10. *Level Controller* ( LC )

Fungsi : untuk mengendalikan tinggi cairan dalam suatu alat sehingga tidak melebihi dari batas yang ditentukan.

11. *order Controller* (LRC )

Fungsi : untuk mencatat dan mengatur, serta mengendalikan tinggi cairan dalam suatu alat.

**VIII.3 Instrumentasi pada Pabrik *Trinatrium Phosphate***

Instrumentasi-instrumentasi yang digunakan pada pabrik *Trinatrium Phosphate* adalah sebagai berikut :

1. Tangki Penampungan  $H_3PO_4$ - *Level Controller*

Fungsi : untuk mengendalikan ketinggian  $H_3PO_4$  dalam tangki

2. Tangki Penampungan  $Na_2CO_3$ - *Level Controller*

Fungsi : untuk mengendalikan ketinggian  $Na_2CO_3$  dalam tangki

## 3. Tangki Penampungan NaOH

- *Level Controller*

Fungsi : untuk mengendalikan ketinggian NaOH dalam tangki

## 4. Reaktor

- *Temperature Controller*

Fungsi : untuk mengendalikan temperatur pada reaktor

## 5. Absorber

- *Temperature Controller*



Fungsi : untuk mengatur temperatur dalam absorber

- *Pressure Controller*

Fungsi : untuk mengatur tekanan dalam absorber

6. Evaporator

- *Pressure Controller*

Fungsi : untuk mengendalikan atau mengatur tekanan operasi yang sesuai pada evaporator

7. *Crystallizer*

- *Temperature Controller*

Fungsi : untuk mengendalikan atau mengatur temperatur sesuai dengan kondisi operasi pada *crystallizer*.

8. *Heater*

- *Temperature Controller*

Fungsi : untuk mengendalikan temperatur bahan keluar dari *heat exchanger*

9. *Rotary Dryer*

- *Temperature Controller*

- Fungsi : untuk mengendalikan atau mengatur temperatur udara kering masuk yang sesuai dengan kondisi operasi pada *rotary dryer*

**Tabel VIII.1** Sistem Kontrol Pabrik *Trinatrium Phosphate*

No	Nama alat	Jenis instrumen	Kegunaan
1	Tangki bahan baku, Tangki pencampuran,	<i>Level Controller</i> (LC), <i>Temperature</i>	peninggian cairan dalam tangki



2	Pompa	<i>Flow Controller</i> (FC)	Mengontrol laju alir cairan pada pompa
3	Evaporator	<i>Temperature Controller</i> (TC)	Mengontrol suhu dalam evaporator
4	<i>Barometrik Kondensor</i>	<i>Pressure Controller</i> (PC)	tekanan dalam <i>barometrik kondensor</i>
5	Kristaliser	<i>Temperature Controller</i> (TC)	Mengontrol suhu dalam kristaliser
6	Reaktor	<i>Pressure Controller</i> (PC)	Mengontrol tekanan dalam reaktor
		<i>Temperature Indicator</i> (TI)	Mengontrol suhu dalam reaktor
7	Alat penukar panas ( <i>heater dan cooler</i> )	<i>Temperature Controller</i> (TC)	Mengontrol suhu dalam alat
8	<i>Rotary dryer</i>	<i>Temperature Controller</i> (TC)	Mengontrol suhu dalam <i>rotary dryer</i>
9.	Absorber	<i>Temperature Controller</i> (TC) <i>Pressure Controller</i> (PC)	Mengontrol suhu dan tekanan dalam absorber

## **BAB IX**

### **PENGOLAHAN LIMBAH INDUSTRI KIMIA**

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menjelaskan bahwa limbah adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan. Bahan berbahaya dan beracun yang selanjutnya disingkat B3 adalah zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, dan/atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain. Sehingga limbah bahan berbahaya dan beracun yang selanjutnya disebut Limbah B3, adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung B3.

Pengelolaan limbah B3 adalah kegiatan yang meliputi pengurangan, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan, dan/atau penimbunan. Kemudian dijelaskan mengenai kewajiban untuk melakukan pengelolaan B3 merupakan upaya untuk mengurangi terjadinya kemungkinan risiko terhadap lingkungan hidup yang berupa terjadinya pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup, mengingat B3 mempunyai potensi yang cukup besar untuk menimbulkan dampak negatif.

Upaya pengelolaan limbah dapat dilakukan dengan melaksanakan konsep 4R, yaitu:

- *Reduce*, minimalisasi sampah dari sumber
- *Reuse*, memanfaatkan kembali sampah
- *Recovery*, melakukan upaya untuk perolehan kembali bahan-bahan yang berguna.
- *Recycle*, melakukan pemrosesan sehingga menghasilkan produk lainnya

Pengendalian pencemaran akan membawa dampak positif bagi lingkungan karena akan menyebabkan kesehatan masyarakat yang lebih baik, kenyamanan hidup lingkungan sekitar yang lebih



tinggi, kerusakan materi yang rendah, dan yang penting adalah kerusakan lingkungan yang rendah. Faktor utama yang harus diperhatikan dalam pengendalian pencemaran ialah karakteristik dari pencemar dan hal tersebut bergantung pada jenis dan konsentrasi senyawa yang dibebaskan ke lingkungan, kondisi geografis sumber pencemar, dan kondisi meteorologis lingkungan.

Dalam pabrik Sodium Nitrat selama proses produksi menghasilkan limbah yang perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Limbah yang dihasilkan ada 1 macam yaitu :

#### 1. Limbah Cair

Limbah cair berupa *waste water* yang berasal dari hasil samping proses sintesis yang berupa air buangan akhir proses yang mengandung sedikit komponen sodium nitrat, NaOH dan  $\text{HNO}_3$ , air buangan dari pemakaian sanitasi dan air sisa *blowdown* boiler, serta sisa pencucian mesin dan peralatan pabrik, seperti oli atau minyak pelumas bekas. Dari limbah tersebut, akan menimbulkan jumlah BOD dan COD meningkat serta terdapat beberapa limbah yang termasuk ke dalam golongan limbah B3 sehingga berbahaya apabila langsung dibuang ke lingkungan, oleh karena itu perlu pengolahan terlebih dahulu untuk mengatasi limbah tersebut.

#### 2. Limbah gas

Limbah gas dihasilkan dari *flue gas* hasil pembakaran pada ketel uap/*boiler*. *flue gas furnace* mengandung  $\text{SO}_2$  dan  $\text{NO}_2$ .

### Penanganan Limbah pada Pabrik Sodium Nitrat

#### 1. Pengolahan Limbah Cair

##### a. Netralisasi

Limbah cair yang terdiri dari air buangan akhir proses yang mengandung sedikit komponen sodium nitrat, buangan air sanitasi serta sisa *blowdown* boiler ditampung dalam *waste water tank*, kemudian dialirkan menuju kolam



netralisasi. Pengolahan secara netralisasi dilakukan dengan cara mengukur pH dari limbah dengan menggunakan *converter*. Jika pH berada pada rentang 6-9 maka dilanjutkan pada pengujian kandungan BOD dan COD. Jika pH diluar rentang tersebut maka pH dilakukan injeksi bahan kimia. Jika  $\text{pH} < 6$ , maka diinjeksi air kapur atau  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dengan konsentrasi tertentu dalam kolam netralisasi untuk menjaga pH sekitar 6,5-8,5 yang merupakan pH ideal untuk pertumbuhan mikroorganisme dan membantu dalam pengendapan *sludge*.

b. Aerasi

Setelah proses netralisasi, kemudian air limbah dialirkan menuju kolam aerasi untuk mengurangi kadar COD dan BOD yang terdapat pada air limbah yaitu dengan cara aerob. Penambahan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  pada proses netralisasi mengakibatkan pH menjadi basa, sehingga kotoran yang ada dapat mudah mengendap. Selain itu, penambahan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  tersebut juga dimaksudkan untuk mengurangi bau pada air limbah. Kemudian mengondisikan air limbah tersebut pada suhu dibawah  $40^\circ\text{C}$ . Setelah itu, memisahkan air limbah dari lumpur pada air limbah. Selanjutnya air limbah dialirkan menuju kolam aerasi. Dalam kolam aerasi, dilakukan pengadukan dibantu oleh alat deaerator dan ditambahkan nutrisi secara kontinyu pada kolam tersebut. Setelah proses aerasi, air limbah dialirkan menuju *clarifier* untuk memisahkan air jernih dan lumpur yang mengendap. Air masuk *clarifier* tidak boleh mengandung daun, plastik dan lain-lain, karena dapat menyumbat pompa. Kotoran yang mengapung pada tangki *clarifier* harus dibersihkan. Setelah itu air jernih yang mengalir pada talang *clarifier* sebagai *outlet*. Endapan lumpur aktif dipindahkan ke dalam tangki penyimpanan slurry. Air limbah dianalisis berdasarkan pH, warna, bau, BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), dan TSS (*Total Suspended Solid*). Sedangkan lumpur dipompa balik ke kolam aerasi. Setelah air limbah yang telah dianalisa tersebut

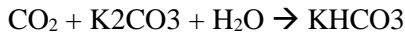




dinyatakan telah memenuhi baku mutu air limbah cair, maka air limbah dialirkan menuju sungai.

## 2. Pengolahan Limbah Gas

Untuk pengolahan limbah gas yang berupa emisi CO<sub>2</sub> digunakan proses absorpsi. Proses absorpsi bertujuan untuk mengolah limbah gas, dimana *off gas* keluaran pada proses didalam reaktor berupa CO<sub>2</sub> dialirkan menuju tangki absorber dimana gas akan dikontakkan dengan larutan K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> encer sehingga gas akan terabsorpsi. Pada pengolahan limbah ini diharapkan gas-gas seperti CO<sub>2</sub> dapat terabsorpsi. Reaksi yang terjadi pada absorber:



Kemudian air keluaran tersebut dialirkan menuju bak penampung untuk diolah pada tahapan selanjutnya untuk pengolahan limbah cair.

## 3. Pengolahan Limbah Minyak Pelumas Bekas

Minyak pelumas yang telah terpakai untuk generator, pompa dan mesin lain dikumpulkan dan dijual kepada pengumpul pelumas bekas.

## BAB X

### KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan perencanaan “Pabrik Trinatrium Phosphate dari asam fosfat, natrium karbonat, dan natrium hidroksida dengan proses netralisasi asam fosfat” dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Rencana Operasi

Pabrik Sodium Nitrat ini direncanakan beroperasi secara kontinyu selama 330 hari operasi/tahun dan 24 jam/hari.

2. Kapasitas Produksi

Kapasitas produksi pabrik sodium nitrat ini sebesar 36.000 ton/tahun.

3. Produk

Produk yang dihasilkan adalah kristal  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  sebesar 96,09%

4. Utilitas

Kebutuhan utilitas pada pabrik Trinatrium Phosphate ini sebagian besar berasal dari air (*water treatment*) yang digunakan untuk :

- Air sanitasi	=	3,125	m <sup>3</sup> /hari
- Air boiler	=	174.1614	m <sup>3</sup> /hari
- Air pendingin	=	2158,074102	m <sup>3</sup> /hari
<u>Total</u>		<u>=2335.360574</u>	<u>m<sup>3</sup>/hari</u>

5. Limbah yang dihasilkan

- Limbah cair : *waste water* yang berupa hasil samping proses sintesis, air buangan sanitasi, air sisa blowdown boiler, dan sisa oli atau minyak pelumas bekas.
- Limbah gas : *flue gas* hasil pembakaran pada ketel uap/boiler

## DAFTAR NOTASI

No	Notasi	Keterangan	Satuan
1	m	massa	kg
2	BM	Berat molekul	g/gmol
3	T	Suhu	°C/°F/K
4	cp	Heat Capacity	kkal/kg°C
5	$\Delta H_f$	Enthalpy pembentukan	kkal/kmol
6	$\Delta H_f$	Enthalpy product	kkal
7	H	Enthalpy	kkal
8	H <sub>v</sub>	Enthalpy vapor	kkal/kg
9	H <sub>l</sub>	Enthalpy liquid	kkal/kg
10	Q	Panas	kkal
11	$\rho$	Densitas	gram/cm <sup>3</sup>
12	$\eta$	Efisiensi	%
13	$\mu$	Viskositas	cP
14	D	Diameter	in
15	H	Tinggi	in
16	P	Tekanan	atm
17	R	Jari-jari	in
18	T <sub>s</sub>	Tebal tangki	in
19	c	Faktor Korosi	-
20	E	Efisiensi sambungan	-
21	Th	Tebal head	in
22	$\Sigma F$	Total friksi	-
23	H <sub>c</sub>	Sudden contraction	ft.lbf/lbm
24	F <sub>f</sub>	Friction loss	ft.lbf/lbm
25	h <sub>ex</sub>	Sudden expansion	ft.lbf/lbm
26	G <sub>c</sub>	Gravitasi	lbm.ft/lbf.s <sup>2</sup>
27	A	Luas perpindahan panas	ft <sup>2</sup>
28	A	Area aliran	ft <sup>2</sup>
29	B	Baffle spacing	in
30	f	Faktor friksi	ft <sup>2</sup> /in <sup>2</sup>
31	G	Massa velocity	lb/(hr)(ft <sup>2</sup> )

32	$h_{ex}$	Sudden expansion	ft.lbf/lbm
33	gc	Gravitasi	lbm.ft/lbf.s <sup>2</sup>
34	A	Luas perpindahan panas	ft <sup>2</sup>
35	a	Area aliran	ft <sup>2</sup>
36	B	Baffle spacing	in
37	F	Faktor friksi	ft <sup>2</sup> /in <sup>2</sup>
38	G	Massa velocity	lb/(hr)(ft <sup>2</sup> )
39	k	Thermal conductivity	Btu/(hr)(ft <sup>2</sup> )(°F/ft)
40	qf	Debit fluida	cuft/s
41	L	Panjang shell course	in
42	n	Jumlah course	-

## DAFTAR PUSTAKA

- Brownell, Lloyd E. . 1959. *Process Equipment Design Vessel Design*. New York.
- Carothers, J. N. (1928). *Patent No. 1,689,547*. Anniston Alabama.
- Coulson, J.M. . 2005. *Chemical Engineering Design 4th Edition*. Oxford.
- Faith, K. A. (1975). *Industrial Chemicals*. Canada: A Willey-International Publication.
- Geankoplis, Christie J. . 1993. *Transport Processes and Unit Operations 3th Edition*. Minnesota.
- Kern, D.Q., 1950. *Process Heat Transfer*. Singapore: McGraw-Hill.
- Kirk, R.E. dan Othmer, D.F. 1967. *Encyclopedia of Chemical Engineering Technology*, volume1. New York:John Wiley and Sons Inc.
- Levenspiel, Octave. 1999. *Chemical Reaction Engineering 3th Edition*. Oregon.
- Ludwig, Ernest E. . 1999. *Applied Process Design For Chemical and Petrochemical Plants*.United States.
- McCabe, Warren L. . 1993. *Unit Operations of Chemical Engineering 5th Edition*. United States.
- MSDS, 2016. Properties of Trisodium Phosphate. 25 April 2011
- Perry, Robert H. . 2008. *Perry Chemical Engineers Handbook 8th Edition*. Kansas.
- Kern, Donald Q. . 1965. *Process Heat Transfer*. New York.
- Sherve, R. N. (1956). *The Chemical Process Industries*. Tokyo: McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Timerhaus, Klaus D. .1991. *Plant Design and Economics for Chemical Engineering*. Colorado: McGraw-Hill.
- Treybal, R. E., 1980. *Mass Transfer Operation*. Singapore: McGraw-Hill.

- Ullmann. (2003). *Ullmann's Encyclopeda of Industrial Chemistry*. New York: John Willey & Sons, Inc.
- Ulrich, G.D., 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process*.
- Vogel. (1985). *Anorganik Kualitatif Makro and Semimikro*. Jakarta: PT Kalman Pustaka.
- Wallas, S.M., 1988, *Chemical Process Equipment*, 3<sup>th</sup> ed. Butterworths series in chemical engineering, USA.

## APPENDIKS A PERHITUNGAN NERACA MASSA

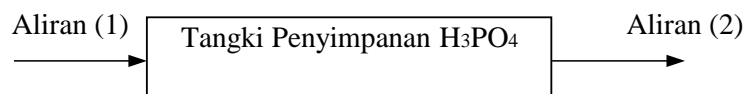
### Kapasitas Produksi

Kapasitas	=	36000	ton $\text{Na}_3\text{PO}_4$ /tahun		
	=	109	ton $\text{Na}_3\text{PO}_4$ /hari		
	=	109090.909	kg $\text{Na}_3\text{PO}_4$ /hari		
Operasi	=	330	hari/tahun	; 24	jam/hari
Satuan Massa	=	Kg			
Basis Waktu	=	1	hari		
Bahan baku	=	116021.592	Kg		

Zat	Berat Molekul
$\text{H}_3\text{PO}_4$	98
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	106
$\text{NaOH}$	40
$\text{K}_2\text{CO}_3$	138.2
$\text{KHCO}_3$	100.1
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	142
$\text{Na}_3\text{PO}_4$	164
$\text{H}_2\text{O}$	18
$\text{CO}_2$	44

### 1. Tangki Penyimpanan $\text{H}_3\text{PO}_4$ (F-111)

Fungsi : Untuk menyimpan asam fosfat sebagai bahan baku pembuatan trisodium fosfat.



Menghitung kebutuhan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  74%: Diketahui :

Komposisi

$$\begin{aligned}
 \text{H}_3\text{PO}_4 \text{ 74 \%} &= 74\% \times \text{Bahan baku} \\
 &= 74\% \times 116021.592 \\
 &= 85855.98 \text{ Kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{H}_2\text{O 26 \%} &= 26\% \times \text{Bahan baku} \\
 &= 26\% \times 116021.592 \\
 &= 30165.61 \text{ Kg/hari}
 \end{aligned}$$

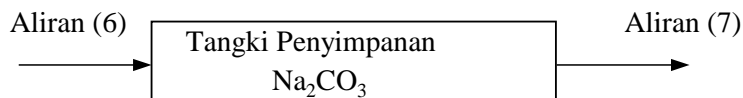
**Tabel A-1** Neraca Massa Pada Tangki Penyimpanan  $\text{H}_3\text{PO}_4$

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran 1		Aliran 2	
$\text{H}_3\text{PO}_4$	85855.98	$\text{H}_3\text{PO}_4$	85855.98

H <sub>2</sub> O	30165.61	H <sub>2</sub> O	30165.61
<b>Total</b>	<b>116022</b>	<b>Total</b>	<b>116022</b>

## 2. Tangki Penyimpanan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (F-211)

Fungsi : Untuk menyimpan natrium karbonat sebagai bahan



Menghitung kebutuhan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 99%: Diketahui :

Komposisi

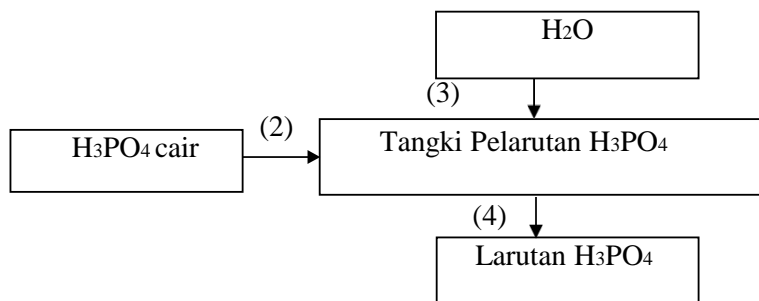
$$\begin{aligned}
 \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ 99 \%} &= 99\% \times \text{Bahan baku} \\
 &= 99\% \times 116021.592 \\
 &= 114861 \text{ Kg/hari} \\
 \text{H}_2\text{O 26 \%} &= 1\% \times \text{Bahan baku} \\
 &= 1\% \times 116021.592 \\
 &= 1160.22 \text{ Kg/hari}
 \end{aligned}$$

**Tabel A-2 Neraca Massa Pada Tangki Penyimpanan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>**

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran 6		Aliran 7	
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	114861.38	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	114861.38
H <sub>2</sub> O	1160.22	H <sub>2</sub> O	1160.22
<b>Total</b>	<b>116022</b>	<b>Total</b>	<b>116022</b>

## 3. Tangki Pelarutan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (M-113)

Fungsi : Untuk melarutkan asam fosfat cair 74% dengan menggunakan air menjadi 62%



Penyelesaian :

Neraca Massa di Tangki Pelarutan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> :

Aliran Masuk = Aliran Keluar

$$m_2 + m_3 = m_4$$

Keterangan :



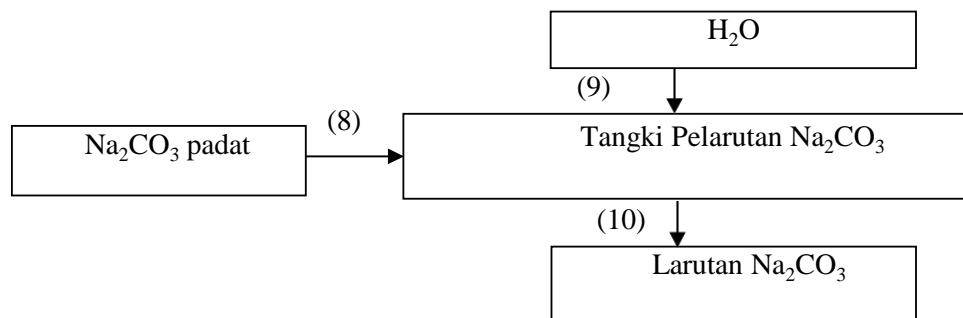
$$\begin{aligned}
 m_2 &= \text{H}_3\text{PO}_4 & 0.74 \\
 m_3 &= \text{H}_2\text{O untuk pelarutan} \\
 m_4 &= \text{Larutan H}_3\text{PO}_4 & 0.62 \\
 \text{H}_3\text{PO}_4 \text{ masuk} &= 116021.59 \text{ Kg/hari} \\
 \text{dengan komposisi :} \\
 \text{H}_3\text{PO}_4 74\% &= 0.74 \times 116021.59 \\
 &= 85855.98 \text{ kg/hari} \\
 \text{H}_2\text{O 26\%} &= 0.26 \times 116021.59 \\
 &= 30165.61 \text{ kg/hari} \\
 \text{Larutan H}_3\text{PO}_4 62\% &= \frac{85855.98}{0.62} \\
 &= 138477.38 \text{ kghari} \\
 \text{dengan komposisi :} \\
 \text{H}_3\text{PO}_4 62\% &= 0.62 \times 138477.38 \\
 &= 85855.98 \text{ kghari} \\
 \text{H}_2\text{O 38\%} &= 0.38 \times 138477.38 \\
 &= 52621.41 \text{ kghari} \\
 \text{H}_2\text{O yang dibutuhkan} &= 52621.41 - 30165.61 \\
 \text{untuk pelarutan} &= 22455.79
 \end{aligned}$$

**Tabel A-3** Neraca Massa Pada Tangki Pengenceran  $\text{H}_3\text{PO}_4$ 

Komponen	MASUK			KELUAR	
	Aliran 2		Aliran 3	Aliran 4	
	x2	m2 (kg)	m3 (kg)	x4	m4 (kg)
$\text{H}_3\text{PO}_4$	0.74	85855.98		0.62	85855.98
$\text{H}_2\text{O}$	0.26	30165.61	22455.79	0.38	52621.41
Sub Total	1.00	116021.59	22455.79	1.00	138477.38
<b>Total</b>		138477.38			138477.38

**4. Tangki Pelarutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (M-214)**

Fungsi : Untuk melarutkan natrium karbonat padat dengan menggunakan air menjadi 30%



Penyelesaian :

Neraca Massa di Tangki Pelarutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  :

Aliran Masuk = Aliran Keluar

$$m_2 + m_3 = m_4$$

Keterangan :

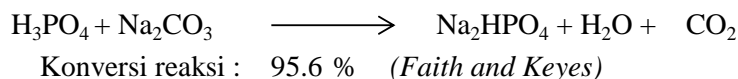
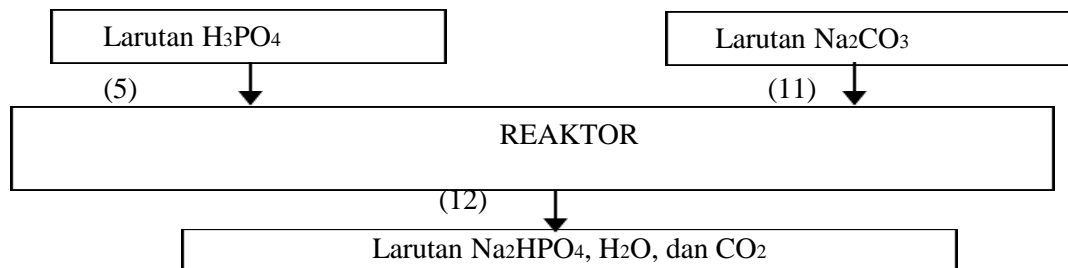
$$\begin{aligned}
 m_2 &= \text{Na}_2\text{CO}_3 \quad 0.99 \\
 m_3 &= \text{H}_2\text{O} \text{ untuk pelarutan} \\
 m_4 &= \text{Larutan Na}_2\text{CO}_3 \quad 0.30 \\
 \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ masuk} &= 116021.59 \text{ Kg/hari} \\
 \text{dengan komposisi :} \\
 \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ 99\%} &= 0.99 \times 116021.59 \\
 &= 114861.38 \text{ kg/hari} \\
 \text{H}_2\text{O 1\%} &= 0.01 \times 116021.59 \\
 &= 1160.22 \text{ kg/hari} \\
 \text{Larutan Na}_2\text{CO}_3 \text{ 62\%} &= \frac{114861.38}{0.30} \\
 &= 382871.25 \text{ kghari} \\
 \text{dengan komposisi :} \\
 \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ 30\%} &= 0.30 \times 382871.25 \\
 &= 114861.38 \text{ kghari} \\
 \text{H}_2\text{O 70\%} &= 0.70 \times 382871.25 \\
 &= 268009.88 \text{ kghari} \\
 \text{H}_2\text{O yang dibutuhkan} &= 268009.88 - 1160.22 \\
 \text{untuk pelarutan} &= 266849.66
 \end{aligned}$$

**Tabel A-4** Neraca Massa Pada Tangki Pengenceran Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

Komponen	MASUK			KELUAR	
	Aliran 8		Aliran 9	Aliran 10	
		(kg)	(kg)		m4 (kg)
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.74	114861.38		0.62	114861.38
H <sub>2</sub> O	0.26	1160.22	266849.66	0.38	268009.88
Sub Total	1.00	116021.59	266849.66	1.00	382871.25
<b>Total</b>		382871.25			382871.25

**5. Reaktor (R-110)**

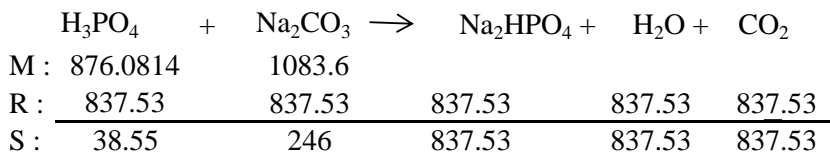
Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi antara bahan baku H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> sehingga menghasilkan Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O, dan CO<sub>2</sub>



H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> yang dibutuhkan untuk reaksi :

$$\begin{aligned} \text{H}_3\text{PO}_4 &= \frac{85855.98 \text{ kg}}{98 \text{ kg/kmol}} \times 0.956 \\ &= 837.53 \text{ kmol} \end{aligned}$$

Reaksi yang terjadi :



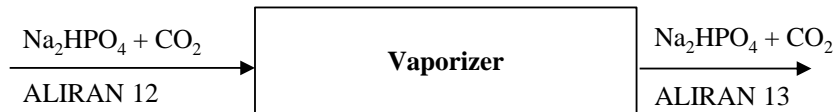
Komposisi	BM	Berat (kg)	kmol
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (m)	98	85856.0	876.08
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (m)	106	114861.38	1083.60
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (r)	98	82078.3152	837.53
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (r)	106	88778.6	837.53
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> (r)	142	118929.8	837.53
H <sub>2</sub> O (r)	18	15075.6	837.53
CO <sub>2</sub> (r)	44	36851.4885	838
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (s)	98	3777.66	38.55
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (s)	106	26082.79	246.06
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> (s)	142	118929.80	837.53
H <sub>2</sub> O (s)	18	15075.61	837.53
CO <sub>2</sub> (s)	44	36851.49	837.53

**Tabel A-5** Neraca Massa Pada Reaktor

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran 5		Aliran 12	
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	85855.98	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3777.66
H <sub>2</sub> O	52621.41	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	26082.79
	138477.38	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	118929.80
Aliran 11		H <sub>2</sub> O	335706.89
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	114861.38	CO <sub>2</sub>	36851.5
H <sub>2</sub> O	268009.88		
	382871.25		
<b>Total</b>	<b>521348.64</b>	<b>Total</b>	<b>521348.64</b>

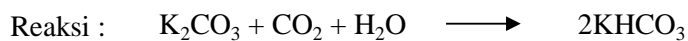
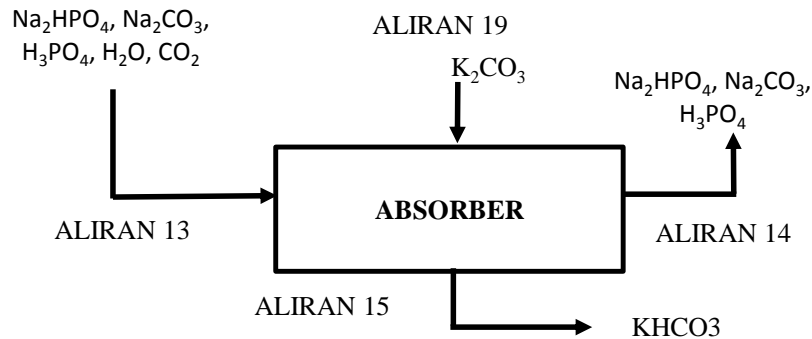
## 6. Vaporizer (E-312)

Fungsi : untuk menguapkan Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> dan sisa dari H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, dan CO<sub>2</sub>.



Tabel A-6 Neraca Massa Pada Vaporizer

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran 12		Aliran 13	
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3777.66	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3777.66
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	26082.79	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	26082.79
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	118929.80	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	118929.80
H <sub>2</sub> O	335706.89	H <sub>2</sub> O	335706.89
CO <sub>2</sub>	36851.49	CO <sub>2</sub>	36851.49
<b>Total</b>	<b>521348.64</b>	<b>Total</b>	<b>521348.64</b>

**7. Absorber (D-310)**Fungsi : untuk menyerap gas CO<sub>2</sub>.

Konversi reaksi = 99 % (Twigg, 1989)

Neraca massa komponen :

a. CO<sub>2</sub>

Komposisi :

CO<sub>2</sub> masuk = 36,851.5 kg/hari  
 = 837.5338 kmol/hari

CO<sub>2</sub> bereaksi = 99 % x CO<sub>2</sub> masuk  
 = 99 % x 837.5338 kmol/hari  
 = 829.1585 kmol/hari

CO<sub>2</sub> sisa = 837.5338 - 829.1585 kmol/hari  
 = 8.3753 kmol/hari  
 = 368.5149 kg/hari

b. H<sub>2</sub>O

Komposisi :

$$\begin{aligned}
 \text{H}_2\text{O masuk} &= 335,706.9 \text{ kg/hari} \\
 &= 18,650.3829 \text{ kmol/hari} \\
 \text{H}_2\text{O bereaksi} &= 1 \times \text{mol CO}_2 \text{ bereaksi} \\
 &= 1 \times 829.1585 \text{ kmol/hari} \\
 &= 829.1585 \text{ kmol/hari} \\
 \text{H}_2\text{O sisa} &= 18,650.3829 - 829.1585 \text{ kmol/hari} \\
 &= 17,821.2245 \text{ kmol/hari} \\
 &= 320,782.0402 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

c.  $\text{K}_2\text{CO}_3$ 

Pada Petrokimia Gresik, untuk mereaksikan 0,06%  $\text{CO}_2$  pada absorber diperlukan 30%  $\text{K}_2\text{CO}_3$  jadi untuk 100%  $\text{CO}_2$  maka diperlukan  $\text{K}_2\text{CO}_3$  sebesar

$$\begin{aligned}
 \text{K}_2\text{CO}_3 \text{ masuk} &= 117159.98 \text{ Kg/hari} \\
 &= 847.7567 \text{ kmol/hari} \\
 \text{K}_2\text{CO}_3 \text{ bereaksi} &= 1 \times \text{mol CO}_2 \text{ bereaksi} \\
 &= 1 \times 829.1585 \text{ kmol/hari} \\
 &= 829.1585 \text{ kmol/hari} \\
 \text{K}_2\text{CO}_3 \text{ sisa} &= 847.7567 - 829.1585 \text{ kmol/hari} \\
 &= 18.5982 \text{ kmol/hari} \\
 &= 2,570.2770 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

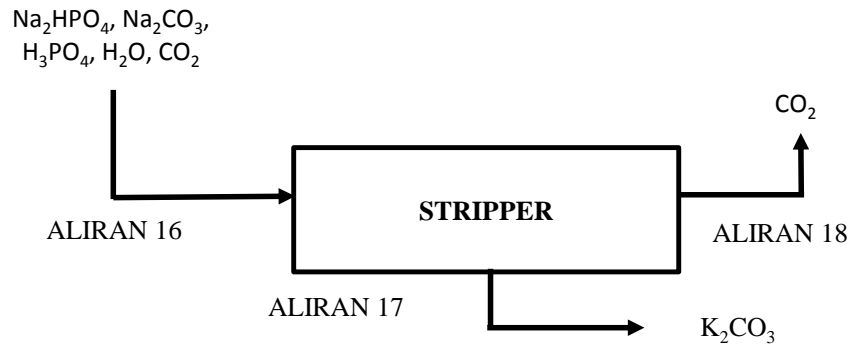
d.  $2\text{KHCO}_3$ 

$$\begin{aligned}
 2\text{KHCO}_3 \text{ terbentuk} &= 2 \times \text{mol CO}_2 \text{ bereaksi} \\
 &= 1,658.3170 \text{ kmol/hari} \\
 &= 165997.5298 \text{ Kg/hari}
 \end{aligned}$$

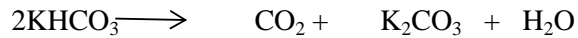
Tabel A-7 Neraca Massa Pada Absorber

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran 13		Aliran 14	
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	118929.80	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	118929.80
$\text{H}_3\text{PO}_4$	3777.66	$\text{H}_3\text{PO}_4$	3777.66
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	26082.79	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	26082.79
$\text{CO}_2$	36851.49	$\text{H}_2\text{O}$	320782.04
$\text{H}_2\text{O}$	335706.89		469572.30
	521348.64	Aliran 15	
Aliran 19		$\text{KHCO}_3$	165997.53
$\text{K}_2\text{CO}_3$	117159.98	$\text{K}_2\text{CO}_3$	2,570.2770
	117159.98	$\text{CO}_2$	368.5149
			168936.3
<b>Total</b>	<b>638508.62</b>	<b>Total</b>	<b>638508.62</b>

## 8. Stripper (D-320)



Reaksi



Neraca massa komponen :

a.  $\text{KHCO}_3$ 

Komposisi :

$$\begin{aligned}
 \text{KHCO}_3 \text{ masuk} &= 165,997.5 \text{ kg/hari} \\
 &= 1,658.3170 \text{ kmol/hari} \\
 \text{KHCO}_3 \text{ bereaksi} &= 99 \% \times \text{KHCO}_3 \text{ masuk} \\
 &= 99 \% \times 1,658.3170 \text{ kmol/hari} \\
 &= 1,641.7338 \text{ kmol/hari} \\
 \text{KHCO}_3 \text{ sisa} &= 1,658.3170 - 1,641.7338 \text{ kmol/hari} \\
 &= 16.5832 \text{ kmol/hari} \\
 &= 1,659.9753 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

b.  $\text{CO}_2$ 

$$\begin{aligned}
 \text{CO}_2 \text{ terbentuk} &= \text{mol KHCO}_3 \text{ bereaksi} / 2 \\
 &= 820.8669 \text{ kmol/hari} \\
 &= 36118.14385 \text{ Kg/hari}
 \end{aligned}$$

c.  $\text{K}_2\text{CO}_3$ 

$$\begin{aligned}
 \text{K}_2\text{CO}_3 \text{ terbentuk} &= \text{mol KHCO}_3 \text{ bereaksi} / 2 \\
 &= 820.8669 \text{ kmol/hari} \\
 &= 113443.8064 \text{ Kg/hari}
 \end{aligned}$$

d.  $\text{H}_2\text{O}$ 

$$\begin{aligned}
 \text{H}_2\text{O} \text{ terbentuk} &= \text{mol KHCO}_3 \text{ bereaksi} / 2 \\
 &= 820.8669 \text{ kmol/hari} \\
 &= 14775.6043 \text{ Kg/hari}
 \end{aligned}$$

**Tabel A-8** Neraca Massa Pada Stripper

Masuk		Masuk	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran 15		Aliran 17	
KHCO <sub>3</sub>	165997.53	KHCO <sub>3</sub>	1659.98
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2570.28	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	116014.08
CO <sub>2</sub>	368.51	H <sub>2</sub> O	14775.60
	168936.32		132449.66
		Aliran 18	
		CO <sub>2</sub>	36486.66
			36486.66
<b>Total</b>	<b>168936.32</b>	<b>Total</b>	<b>168936.32</b>

**9. Kondensor (E-331)**

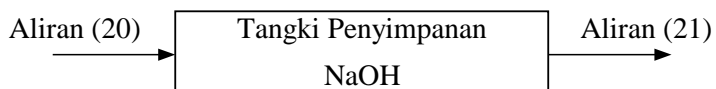
Fungsi : untuk mengubah Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> dari fase gas ke fase cair

**Tabel A-9** Neraca Massa Pada Kondensor

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran 14		Aliran 16	
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	118929.80	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	118929.80
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3777.66	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3777.66
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	26082.79	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	26082.79
H <sub>2</sub> O	320782.04	H <sub>2</sub> O	320782.04
<b>Total</b>	<b>469572.30</b>	<b>Total</b>	<b>469572.30</b>

**10. Tangki Penyimpanan NaOH 42% (M-332)**

Fungsi : Untuk menyimpan natrium hidroksida sebagai bahan baku pembuatan Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.



Menghitung kebutuhan NaOH 74%: Diketahui :

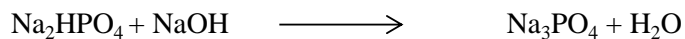
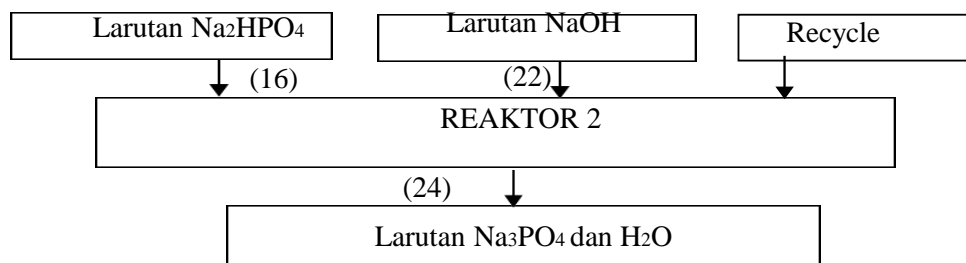
Komposisi

$$\begin{aligned}
 \text{NaOH 42 \%} &= 42\% \quad \times \quad \text{Bahan baku} \\
 &= 42\% \quad \times \quad 116021.592 \\
 &= 48729.07 \quad \text{Kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{H}_2\text{O 58 \%} &= 58\% \quad \times \quad \text{Bahan baku} \\
 &= 58\% \quad \times \quad 116021.592 \\
 &= 67292.52 \quad \text{Kg/hari}
 \end{aligned}$$

**Tabel A-10** Neraca Massa Pada Tangki Penyimpanan NaOH

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
Aliran 20		Aliran 21	
NaOH	48729.07	NaOH	48729.07
H <sub>2</sub> O	67292.52	H <sub>2</sub> O	67292.52
<b>Total</b>	<b>116022</b>	<b>Total</b>	<b>116022</b>

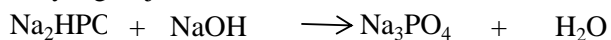
**11. Reaktor (R-330)**

Konversi reaksi : 99.1 % (Faith and Keyes)

H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> yang dibutuhkan untuk reaksi :

$$\begin{aligned} \text{Na}_2\text{HPO}_4 &= \frac{118929.80 \text{ kg}}{142 \text{ kg/kmol}} \times 0.9906 \\ &= 829.66 \text{ kmol} \end{aligned}$$

Reaksi yang terjadi :



M : 837.53      1218.227

R :    829.66      829.66      829.66      829.66

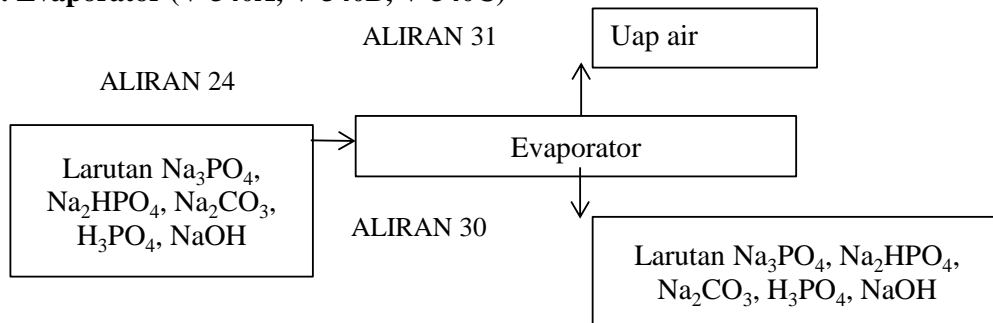
S :    7.87      389      829.66      829.66

Komposisi	BM	Berat (kg)	kmol
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> (m)	142	118929.80	837.53
NaOH (m)	40	48729.07	1218.23
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> (r)	142	117811.864	829.66
NaOH (r)	40	33186.4	829.66
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (r)	164	136064.4	829.66
H <sub>2</sub> O (r)	18	14933.9	829.66
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> (s)	142	1117.94015	8
NaOH (s)	40	15542.63	388.57
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (s)	164	136064.41	829.66
H <sub>2</sub> O (s)	18	14933.90	829.66



**Tabel A-11** Neraca Massa Pada Reaktor

Komponen	Masuk			Keluar
	aliran 16	aliran 22	aliran 23	aliran 24
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>			27991.04	164055.44
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	118929.80		1116.20	2234.14
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	26082.79		26042.30	52125.09
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3777.66		3771.80	7549.46
NaOH		48729.07	15518.50	31061.13
H <sub>2</sub> O	320782.04	67292.52	98973.65	501982.11
<b>Total</b>	759007.3748			759007.37

**12. Evaporator (V-340A, V-340B, V-340C)**

Larutan Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> masuk = 164055.44 kg

Bahan Kering

= Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> + Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> + H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> + Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + NaOH

= 257025.27 kg

Jumlah air yang terkandung

= 501982.11 kg

X<sub>f</sub> = bahan kering/feed

= 0.3386

Diketahui menggunakan evaporator triple effect

Neraca massa overall di evaporator

$F = L3 + (V1 + V2 + V3)$

Neraca per komponen

$F \times X_f = (L3 \times X_3) + (V3 \times X_v)$

257025 =  $(L3 \times 0.64) + (0)$

L3 = 401601.9802

Jumlah air yang diuapkan

$V_{tot} = F - L3$

$V_{tot} = 357405.39$  kg

$V1 = V2 = V = 119135.1315$  kg

## Neraca Massa per Efek Evaporator

Evaporator I			
$F$	$=$	$L_1 + V_1$	$F \times X_f = (L_1 \times X_1) + (V_1 \times X_{v1})$
759007.37	$=$	$L_1 - 119135.1$	257025 $=$ 639872.24 $\times$ $X_1$
$L_1$	$=$	639872.24 kg	$X_1 =$ 0.401682164

Evaporator 2			
$L_1$	$=$	$L_2 + V_2$	$L_1 \times X_1 = (L_2 \times X_2) + (V_2 \times X_{v2})$
639872.24	$=$	$L_2 - 119135.1$	257025 $=$ 520737.11 $\times$ $X_2$
$L_2$	$=$	520737.11 kg	$X_2 =$ 0.4935797

Evaporator 2			
$L_2$	$=$	$L_3 + V_3$	$L_2 \times X_2 = (L_3 \times X_3) + (V_3 \times X_{v3})$
520737.11	$=$	$L_3 - 119135.1$	257025 $=$ 401601.98 $\times$ $X_3$
$L_3$	$=$	401601.98 kg	$X_3 =$ 0.64

**Tabel A-12** Neraca Massa Pada Evaporator Effect 1

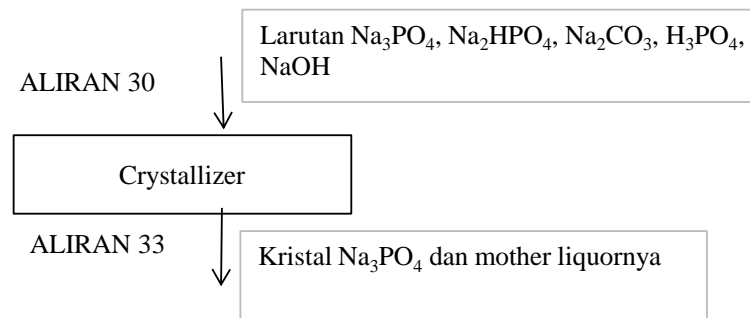
Masuk		Keluar	
Komponen	Aliran (24)	Komponen	Aliran (26)
$\text{Na}_3\text{PO}_4$	164055.44	$\text{Na}_3\text{PO}_4$	164055.44
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	2234.14	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	2234.14
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	52125.09	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	52125.09
$\text{H}_3\text{PO}_4$	7549.46	$\text{H}_3\text{PO}_4$	7549.46
NaOH	31061.13	NaOH	31061.13
$\text{H}_2\text{O}$	501982.11	$\text{H}_2\text{O}$	382846.98
Jumlah	759007.37	Jumlah	639872.24
		Aliran (27)	
		$\text{H}_2\text{O}$	119135.13
Total	759007.37	Total	759007.37

**Tabel A-13** Neraca Massa Pada Evaporator Effect 2

Masuk		Keluar	
Komponen	Aliran (26)	Komponen	Aliran (28)
$\text{Na}_3\text{PO}_4$	164055.44	$\text{Na}_3\text{PO}_4$	164055.44
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	2234.14	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	2234.14
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	52125.09	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	52125.09
$\text{H}_3\text{PO}_4$	7549.46	$\text{H}_3\text{PO}_4$	7549.46
NaOH	31061.13	NaOH	31061.13
$\text{H}_2\text{O}$	382846.98	$\text{H}_2\text{O}$	263711.84
Jumlah	639872.24	Jumlah	520737.11
		Aliran (29)	
		$\text{H}_2\text{O}$	119135.13
Total	639872.24	Total	639872.24

**Tabel A-14** Neraca Massa Pada Evaporator Effect 3

Masuk		Keluar	
Komponen	Aliran (28)	Komponen	Aliran (30)
$\text{Na}_3\text{PO}_4$	164055.44	$\text{Na}_3\text{PO}_4$	164055.44
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	2234.14	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	2234.14
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	52125.09	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	52125.09
$\text{H}_3\text{PO}_4$	7549.46	$\text{H}_3\text{PO}_4$	7549.46
$\text{NaOH}$	31061.13	$\text{NaOH}$	31061.13
$\text{H}_2\text{O}$	263711.84	$\text{H}_2\text{O}$	144576.71
Jumlah	520737.11	Jumlah	401601.98
		Aliran (31)	
		$\text{H}_2\text{O}$	119135.13
Total	520737.11	Total	520737.11

**13. Crystallizer (X-350)**

Diketahui data-data (55° C)

Ksp  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  : 48.5 kg/100 kg  $\text{H}_2\text{O}$

Ksp  $\text{NaOH}$  : 129 kg/100 kg  $\text{H}_2\text{O}$

Ksp  $\text{H}_3\text{PO}_4$  : - kg/100 kg  $\text{H}_2\text{O}$

Ksp  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  : 49 kg/100 kg  $\text{H}_2\text{O}$

Ksp  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  : 51.8 kg/100 kg  $\text{H}_2\text{O}$

Asumsi bahwa tidak ada trinitrium fosfat dan air yang hilang sehingga  $W = 0$

Dengan  $F$  : Feed (kg/jam),  $S$  = Mother liquor (kg/jam),

$C$  = Kristal yang terbentuk (kg/jam)

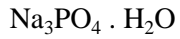
Digunakan operasi pada kristalisasi 55 C

Feed masuk	=	520737.11
Bahan kering masuk	=	257025.27
Air masuk	=	144576.71
$\text{Na}_3\text{PO}_4$ masuk	=	164055.44

Fraksi $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ( $X_f$ )	=	$\frac{164055.44}{520737.11}$
---	---	-------------------------------

$$= 0.315044656$$

$$\begin{aligned}\text{Fraksi air (Xa)} &= \frac{144576.71}{520737.11} \\ &= 0.277638581\end{aligned}$$



$$\begin{array}{rcl}\text{BM Na}_3\text{PO}_4 & 164 & \\ \text{BM H}_2\text{O} & 18 & + \\ \hline \text{BM total} & 182 & \end{array}$$

$$F = S + C + W$$

Neraca Komponen

Neraca komponen air

$$\begin{aligned}F \times X_a &= \frac{100}{(100+49)} S + \frac{18}{182} C + 0 \\ 144577 &= 0.67114094 S + 0.0989011 C + 0\end{aligned}$$

Neraca komponen  $\text{Na}_3\text{PO}_4$

$$\begin{aligned}F \times X_f &= \frac{49}{(100+49)} S + \frac{164}{182} C + 0 \\ 164055 &= 0.32885906 S + 0.9010989 C + 0\end{aligned}$$

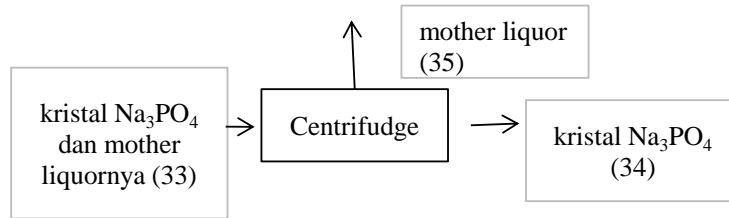
Eliminasi persamaan 1 dan 2

$$\begin{array}{rcll}144577 & = & 0.671141 S + 0.0989 C + 0 & \times 0.9011 \\ 164055 & = & 0.328859 S + 0.9011 C + 0 & \times 0.0989\end{array}$$

$$\begin{aligned}130278 &= 0.604764 S + 0.08912 C + 0 \\ 16225 &= 0.032525 S + 0.08912 C + 0 & - \\ \hline 114053 &= 0.57224 S \\ S &= 199309.2 \\ C &= 109323\end{aligned}$$

**Tabel A-15** Neraca Massa Pada *Crystallizer*

Komponen	Masuk	Keluar	
	Aliran (30)	Aliran (33)	Mother Liquor
$\text{Na}_3\text{PO}_4$	164055.44	98510.8146	64889.18
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	2234.14	22.3414478	2211.80
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	52125.09	521.250891	51603.84
$\text{H}_3\text{PO}_4$	7549.46	75.4946151	7473.97
$\text{NaOH}$	31061.13	310.611277	30750.52
$\text{H}_2\text{O}$	144576.71	4921.66333	139655.05
$\text{Na}_3\text{PO}_4$		655.446296	
<b>Jumlah</b>	<b>401601.98</b>	<b>105017.622</b>	<b>296584.36</b>
<b>Total</b>	<b>401601.98</b>	<b>401601.98</b>	

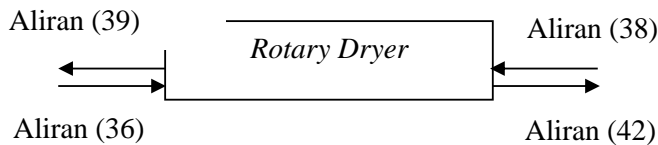
**14. Centrifuge (H-352)**

$$\begin{aligned}
 \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ yang terikat} &= 52125.09 \times 1\% \\
 &= 521.2508913 \text{ kg} \\
 \text{H}_3\text{PO}_4 \text{ yang terikat} &= 7549.46 \times 1\% \\
 &= 75.49461513 \text{ kg} \\
 \text{NaOH yang terikat} &= 31061.13 \times 1\% \\
 &= 310.6112771 \text{ kg} \\
 \text{Na}_2\text{HPO}_4 \text{ yang terikat} &= 2234.14 \times 1\% \\
 &= 22.3414478 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Air yang terikat kristal 3-5 % jumlah  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  yang masuk :  
 Diasumsikan (larian ,hal 572)

**Tabel A-16** Neraca Massa Pada *Centrifuge*

Komponen	Masuk		Keluar	
	Aliran (33)	Mother Liquor	Aliran (34)	Aliran (35)
$\text{Na}_3\text{PO}_4$	98510.8	64889.18	98510.815	
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	22.3414	2211.80	22.341448	2211.80
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	521.251	51603.84	521.25089	51603.84
$\text{H}_3\text{PO}_4$	75.4946	7473.97	75.49	7473.97
NaOH	310.611	30750.52	310.61128	30750.52
$\text{H}_2\text{O}$	4921.66	139655.05	4921.6633	139655.05
$\text{Na}_3\text{PO}_4$	655.446		655.4463	64889.18
<b>Jumlah</b>	105018	296584.36	105017.62	296584.36
<b>Total</b>	<b>401601.98</b>		<b>401601.98</b>	

**15. Rotary Dryer (B-360)**

Dasar perhitungan :

1.  $C_p$  solid =  $c_p$  trinitratium fosfat (diasumsikan konstan)
2. Panas hilang ( $Q_{\text{loss}}$ ) = kurang lebih 5% dari panas masuk
3. Udara panas masuk pada suhu  $95^\circ\text{C}$  dan relative humidity 2%

$$TG_2 = 95 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Dari Humidity Chart diperoleh :

Humidity udara masuk ( $H_2$ )

$$H_2 = 0.085 \text{ kg H}_2\text{O/kg udara kering}$$

(figure 9.3-2 Geankoplis)

4. Untuk Rotary Dryer, harga  $N_t$  yang ekonomis berkisar antara 1,5 sampai 2,5 sehingga diambil  $N_t = 2$

5. Dari Humidity Chart untuk  $TG_2 = 95^\circ\text{C}$  dengan

$$H_2 = 0,085 \text{ kg H}_2\text{O/kg udara kering}$$

$$TG_2 = 53 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$N_t = \frac{\ln (TG_2 - T_w)}{(TG_1 - T_w)}$$

$$2 = \frac{3.737669618}{TG_1 - 53}$$

$$TG_1 = 54.86883481 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- |                                   |   |             |                  |
|-----------------------------------|---|-------------|------------------|
| 6. Rate solid masuk ( $L_s$ )     | = | 105017.6224 | Kg               |
| 7. Suhu masuk solid ( $T_{s1}$ )  | = | 55          | $^\circ\text{C}$ |
| 8. Suhu solid keluar ( $T_{s2}$ ) | = | 85          | $^\circ\text{C}$ |
| 9. Kapasitas panas solid $C_{ps}$ | = | 2.615       | Kkal/KgK         |
| 10. Kapasitas udara $C_{pa}$      | = | 1.00142     | Kkal/KgK         |
| 11. Suhu referen ( $T_0$ )        | = | 25          | $^\circ\text{C}$ |
| 12. Panas latent                  | = | 583.2236    | Kkal/KgK         |

$$X_1 = \frac{\text{Massa H}_2\text{O}}{\text{Massa Feed kering}}$$

$$= \frac{4921.663326}{98510.81455}$$

$$= 0.04996064 \text{ kg H}_2\text{O /kg solid kering}$$

13. Kadar air dalam produk keluar : 1%

$$X_2 = 0.01 \text{ kg H}_2\text{O/kg solid kering}$$

$$\begin{aligned} G \cdot H_2 + L_s \cdot X_1 &= G \cdot H_1 + L_s \cdot X_2 \\ 0.085 \text{ } G + 5246.748 &= G \cdot H_1 + 1050.17622 \\ 0.085 \text{ } G + 4196.571 &= G \cdot H_1 \\ G \cdot H_1 &= 4196.57 + 0.085 \text{ } G \dots (1) \end{aligned}$$

Komponen Masuk

Entalpi udara panas masuk :

$$H'G_2 = C_s (TG_2 - T_0) + H_2 \cdot \lambda_0$$

(Pers. 9.10-23 Geankoplis 3rd edition, p. 562)

$$\begin{aligned}
 H'_G &= (1,005 + 1,88 H_2) (T_{G2} - T_{ref}) + (0,085 \times 583,22) \\
 &= (1,005 + 1,88 [0,085]) (95 - 25) + 50 \\
 &= 81.536 + 49.574006 \\
 &= 131.11 \text{ kcal/kg udara kering}
 \end{aligned}$$

Entalpi feed masuk :

$$\begin{aligned}
 H'_{s1} &= Cps (T_{s1} - T_{ref}) + X1 \text{ CpA } (T_{s1} - T_{ref}) \\
 &\text{(Pers. 9.10-25 Geankoplis 3rd edition, p. 562)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H'_{s1} &= 2.615 (55-25) + (0,0378 \times 1,00142)(55-25) \\
 &= 78.45 + 1.500948 \\
 &= 79.951 \text{ kcal/kg solid kering}
 \end{aligned}$$

Entalpi udara panas keluar :

$$\begin{aligned}
 H'_{G2} &= Cs (T_{G2} - T_0) + H_2 \cdot \lambda_0 \\
 &\text{(Pers. 9.10-23 Geankoplis 3rd edition, p. 562)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H'_G &= (1,005 + 1,88 H_1) (T_{G1} - T_{ref}) + (H_1 \times 583,22) \quad H_1 \\
 &= (1,005 + 1,88 [H_1]) (54,86 - 25) + \quad ## \\
 &= 55.143 + 56.15341 H_1 + 583.2236 H_1 \\
 &= 55.143 + 639.3770094 H_1
 \end{aligned}$$

Entalpi feed masuk :

$$\begin{aligned}
 H'_{s2} &= Cps (T_{s2} - T_{ref}) + X_2 \text{ CpA } (T_{s2} - T_{ref}) \\
 &\text{(Pers. 9.10-25 Geankoplis 3rd edition, p. 562)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H'_{s1} &= 2.615 (85-25) + (0,01 \times 1,00142)(85-25) \\
 &= 156.9 + 0.600852 \\
 &= 157.5 \text{ kcal/kg solid kering}
 \end{aligned}$$

Komponen Keluar

Entalpi udara keluar :

$$\begin{aligned}
 G \cdot H'_{G2} + Ls \cdot H'_{s1} &= G \cdot H'_{G1} + Ls \cdot H'_{s2} + Q \quad (0) \\
 131.1 \text{ G} + 8E+06 &= G (55,143+639,377H_1) + 16540365 \text{ G } H_1 \\
 131.1 \text{ G} + -8E+06 &= 55.1432 \text{ G} + 639.377009 \\
 75.97 \text{ G} - 8E+06 &= 639.3770094 \text{ G } H_1 \\
 0.119 \text{ G} - 12738 &= G H_1 \quad \dots\dots(2)
 \end{aligned}$$

Neraca Panas Rotary Dryer

Substitusi persamaan (1) ke persamaan (2), maka diperoleh hasil :

$$\begin{array}{rclcl}
 4197 & + & 0.085 \text{ G} & = & G \cdot H1 \\
 -12738 & + & 0.1188 \text{ G} & = & G H1 & - \\
 \hline
 16934 & + & -0.0338 \text{ G} & = & 0 \\
 & & 0.0338 \text{ G} & = & 16934.13696
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 G &= 500805.1535 \text{ kg dry air/hari} \\
 H_1 &= 0.093379649 \text{ kg H}_2\text{O/kg dry air}
 \end{aligned}$$

Perhitungan neraca massa komponen pada aliran 39

$$\begin{aligned}
 \text{H}_2\text{O} &= L_s \times X_2 \\
 \text{H}_2\text{O} &= 105018 \times 0.01 \\
 &= 1050.2 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Perhitungan neraca massa udara basah pada aliran 17

$$\begin{aligned}
 \text{Uap H}_2\text{O} &= (\text{Feed H}_2\text{O masuk} + (G \times H_2)) - \text{H}_2\text{O produk} \\
 &= 4921.7 + 42568.43804 - 1050.17622 \\
 &= 46440 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Perhitungan neraca massa komponen pada aliran  
1% impurities terikut udara menuju cyclone

$$\begin{aligned}
 \text{Na}_3\text{PO}_4 &= 655.4462965 \times 1\% \\
 &= 6.554462965 \\
 \text{Kristal Na}_3\text{F} &= 98510.81455 \times 1\% \\
 &= 985.1081455 \\
 \text{H}_3\text{PO}_4 &= 75.49 \times 1\% \\
 &= 0.754946151 \\
 \text{Na}_2\text{CO}_3 &= 521.2508913 \times 1\% \\
 &= 5.212508913 \\
 \text{NaOH} &= 310.6112771 \times 1\% \\
 &= 3.106112771 \\
 \text{Na}_2\text{HPC} &= 22.3414478 \times 1\% \\
 &= 0.223414478
 \end{aligned}$$

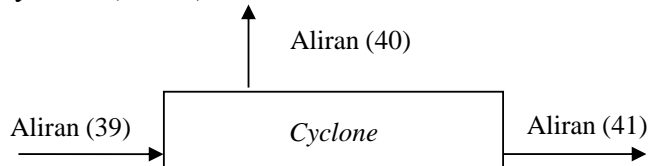
**Tabel A-17 Neraca Massa Pada Rotary Dryer**

Masuk		Keluar	
Komponen	Aliran (36)	Komponen	Aliran (42)
Kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$	98510.81455	Kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$	97525.70641
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	22.3414478	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	22.11803333
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	521.2508913	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	516.0383824
$\text{H}_3\text{PO}_4$	75.49461513	$\text{H}_3\text{PO}_4$	74.73966898
NaOH	310.6112771	NaOH	307.5051644
$\text{H}_2\text{O}$	4921.663326	$\text{H}_2\text{O}$	1050.176224
$\text{Na}_3\text{PO}_4$ Cair	655.4462965	$\text{Na}_3\text{PO}_4$ Cair	648.8918335
<b>Jumlah</b>	<b>105017.6224</b>	<b>Jumlah</b>	<b>100145.1757</b>
	<b>Aliran (38)</b>		<b>Aliran (39)</b>
Udara Kering	500805.1535	Kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$	985.1081455
Uap air	42568.43804	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	0.223414478



<b>Jumlah</b>	<b>543373.5915</b>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	5.212508913
		H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0.754946151
		NaOH	3.106112771
		Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> Cair	6.554462965
		Udara Kering	500805.1535
		Uap air	46439.92515
		<b>Jumlah</b>	<b>548246.0382</b>
	648391.2139		648391.2139

#### 16. Cyclone (H-363)



Dasar perhitungan :

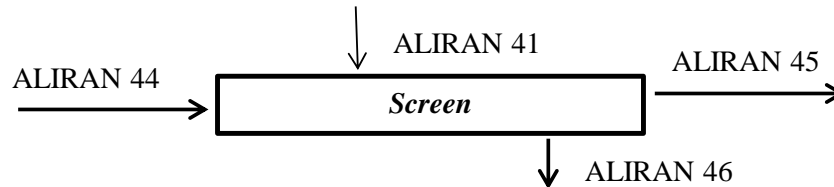
1. Efisiensi cyclone 98% untuk menghilangkan uap air
2. Banyak Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> yang hilang ke udara adalah 2% dari jumlah Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> yang masuk ke *cyclone*

**Tabel A-18** Neraca Massa Pada Cyclone

Masuk		Keluar	
<b>Komponen</b>	Aliran (39)	Komponen	Aliran (40)
Kristal Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	985.1081455	Kristal Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	965.4059826
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.223414478	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.218946188
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	5.212508913	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	5.108258735
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0.754946151	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0.739847228
NaOH	3.106112771	NaOH	3.043990516
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> Cair	6.554462965	Uap air	928.7985029
Udara	500805.1535	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> Cair	6.423373706
Uap air	46439.92515	<b>Jumlah</b>	<b>1909.738902</b>
<b>Jumlah</b>	<b>548246.0382</b>		
		Kristal Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	19.70216291
		Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.00446829
		Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.104250178
		H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0.015098923
		NaOH	0.062122255
		Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> Cair	0.131089259
		Udara Kering	500805.1535
		Uap air	45511.12664
		<b>Jumlah</b>	<b>546336.2993</b>
<b>Total</b>	548246.0382	<b>Total</b>	<b>548246.0382</b>

**17. Screen (S-366)**

Fungsi : Memisahkan Produk  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  menjadi dua bagian  
onsize dan oversize



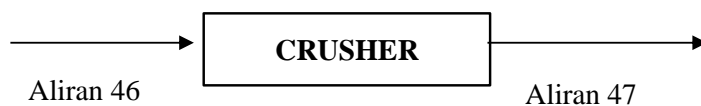
Produk Onsize 80%  
Debu yang lolos 20%

**Tabel A-19** Neraca Massa Pada *Screen*

Masuk		Keluar	
Komponen	Aliran (44)	Komponen	Aliran (45)
Kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$	97525.70641	Kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$	88642.00115
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	22.11803333	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	20.10328156
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	516.0383824	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	469.031977
$\text{H}_3\text{PO}_4$	74.73966898	$\text{H}_3\text{PO}_4$	67.93156459
$\text{NaOH}$	307.5051644	$\text{NaOH}$	279.4942394
$\text{H}_2\text{O}$	1050.176224	$\text{H}_2\text{O}$	1781.077254
$\text{Na}_3\text{PO}_4$ Cair	648.8918335	$\text{Na}_3\text{PO}_4$ Cair	589.7836865
<b>Jumlah</b>	<b>100145.1757</b>	<b>Jumlah</b>	<b>91849.42315</b>
	<b>Aliran (43)</b>		<b>Aliran (46)</b>
Kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$	965.4059826	Kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$	9849.111239
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	0.218946188	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	2.233697952
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	5.108258735	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	52.11466411
$\text{H}_3\text{PO}_4$	0.739847228	$\text{H}_3\text{PO}_4$	7.547951621
$\text{NaOH}$	3.043990516	$\text{NaOH}$	31.05491549
$\text{H}_2\text{O}$	928.7985029	$\text{H}_2\text{O}$	197.8974727
$\text{Na}_3\text{PO}_4$ Cair	6.423373706	$\text{Na}_3\text{PO}_4$ Cair	65.53152072
<b>Jumlah</b>	<b>1909.738902</b>	<b>Jumlah</b>	<b>10205.49146</b>
<b>Total</b>	<b>102054.9146</b>	<b>Total</b>	<b>102054.9146</b>

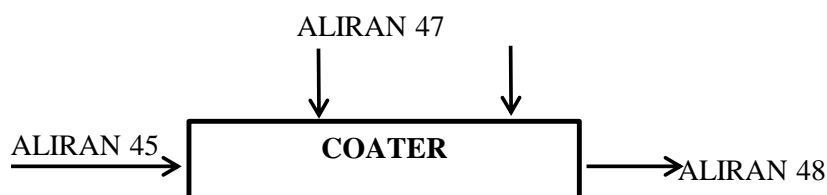
**18. Crusher (S-367)**

Fungsi : memperkecil ukuran trinitrium fosfat yang oversize.



**Tabel A-20** Neraca Massa Pada *Crusher*

Masuk		Keluar	
Komponen	Aliran (46)	Komponen	Aliran (47)
Kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$	9849.111239	Kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$	9849.111239
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	2.233697952	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	2.233697952
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	52.11466411	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	52.11466411
$\text{H}_3\text{PO}_4$	7.547951621	$\text{H}_3\text{PO}_4$	7.547951621
$\text{NaOH}$	31.05491549	$\text{NaOH}$	31.05491549
$\text{H}_2\text{O}$	197.8974727	$\text{H}_2\text{O}$	197.8974727
$\text{Na}_3\text{PO}_4$ Cair	65.53152072	$\text{Na}_3\text{PO}_4$ Cair	65.53152072
<b>Jumlah</b>	<b>10205.49146</b>	<b>Jumlah</b>	<b>10205.49146</b>

**19. Coater (H-368)**

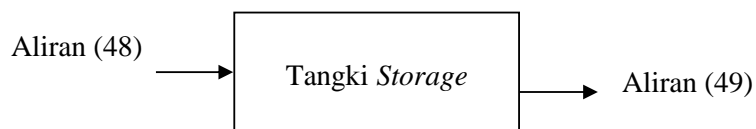
Coating oil yang diberikan adalah murni 100%

Penyelesaian :

Coating Oil = 2 kg/ton produk

**Tabel A-21** Neraca Massa Pada *Coater*

Komponen	Masuk		Keluar
	Aliran 45	Aliran 47	Aliran 48
Kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$	88642.00115	9849.11124	98491.1124
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	20.10328156	2.23369795	22.3369795
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	469.031977	52.1146641	521.146641
$\text{H}_3\text{PO}_4$	67.93156459	7.54795162	75.4795162
$\text{NaOH}$	279.4942394	31.0549155	310.549155
$\text{H}_2\text{O}$	1781.077254	197.897473	1978.97473
$\text{Na}_3\text{PO}_4$ Cair	589.7836865	65.5315207	655.315207
Coating Oil		204.1098292	204.109829
<b>Jumlah</b>	91849.42315	10205.4915	102259.024
<b>Total</b>	102259.0244		102259.024

**20. Tangki Storage (F-369)**

**Tabel A-22** Neraca Massa Pada Tangki *Storage*

<b>Komponen</b>	<b>Keluar</b>	<b>Keluar</b>
	<b>Aliran 48</b>	<b>Aliran 49</b>
Kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$	98491.1124	98491.1124
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	22.3369795	22.3369795
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	521.146641	521.146641
$\text{H}_3\text{PO}_4$	75.4795162	75.4795162
$\text{NaOH}$	310.549155	310.549155
$\text{H}_2\text{O}$	1978.97473	1978.97473
$\text{Na}_3\text{PO}_4$ Cair	655.315207	655.315207
Coating Oil	204.109829	204.109829
<b>Jumlah</b>	102259.024	102259.024
<b>Total</b>	102259.024	102259.024

## APPENDIX B NERACA PANAS

### Kapasitas Produksi

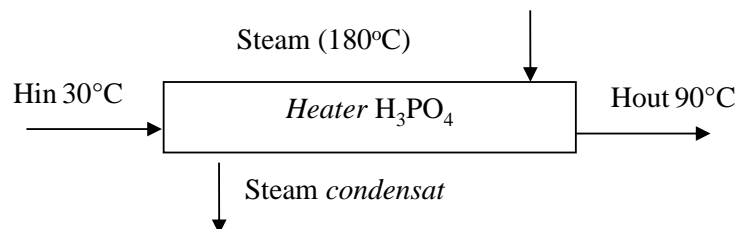
Kapasitas	=	36000	ton $\text{Na}_3\text{PO}_4$ /tahun	
	=	109	ton $\text{Na}_3\text{PO}_4$ /hari	
	=	109090.9091	kg $\text{Na}_3\text{PO}_4$ /hari	
Operasi	=	330	hari/tahun	; 24 jam/hari
Satuan Massa	=	Kg		
Basis Waktu	=	1	hari	
Bahan baku	=	116021.5923	Kg	

Tabel B-1 Data Heat Capacity Komponen

Komponen	BM	A	B	C	D
$\text{H}_3\text{PO}_4$	98	58			
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	106	28.9			
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	142	133.4			
$\text{K}_2\text{CO}_3$	138.2	29.9			
$\text{KHCO}_3$	100.1	20.89663			
$\text{CO}_2$	44	10.34	0.00274	-195500	
$\text{NaOH}$	40				
$\text{Na}_3\text{PO}_4$	164	2.615			
$\text{H}_2\text{O (l)}$	18	7.701	0.00045	2.5E-06	-8.59E-10
$\text{H}_2\text{O (g)}$	18	8.22	0.00015	1.3E-06	

### 1. Heater $\text{H}_3\text{PO}_4$ (E-115)

Fungsi : Memanaskan larutan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  sebelum masuk reaktor hingga suhu  $90^\circ\text{C}$



Panas aliran masuk Heater

#### a. Menghitung entalpi masuk ( $H_{in}$ )

$\text{H}_3\text{PO}_4$

$$T_{in} = 303.15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T_{ref} = 298.15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$C_p \text{ larutan masuk} = 58 \text{ cal/mol}$$

$$\text{massa larutan masuk} = 85855.98 \text{ Kg/hari}$$

$$H_{in} = n \times C_p \times \Delta T$$

$$= 876.0814109 \times 58 \times (303.15 - 298.15)$$

$$= 876.0814109 \times 58 \times 5$$

$$= 254063.6092 \text{ kkal/hari}$$

H<sub>2</sub>O

$$T_{in} = 303.15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T_{ref} = 298.15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$C_p \text{ larutan masuk} = \int 7,701 + 0,0004505 T + 2,5 \cdot 10^{-6} T^2 \\ 0,0000013141 dT$$

$$\text{massa larutan masuk} = 52621.41 \text{ Kg/hari}$$

$$\begin{aligned} H_{in} &= n \times C_p dT \\ &= 2923.411446 \times 40.20488318 \\ &= 2923.411446 \times 40.20488318 \\ &= 117535.4157 \text{ kkal/hari} \end{aligned}$$

Perhitungan Enthalpy Panas yang Masuk

Komponen	Kmol	T (K)	C <sub>p</sub> dT	Q (kkal/hari)
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	876.0814	303.15	290	254,063.6092
H <sub>2</sub> O	2,923.4114		40.205	117,535.4157
Total	3,799.4929			371,599.0249

## b. Menghitung entalpi keluar (Hout)

H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

$$T_{out} = 363.15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T_{ref} = 298.15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$C_p \text{ larutan keluar} = 58 \text{ cal/mol}$$

$$\text{massa larutan keluar} = 85855.98 \text{ Kg/hari}$$

$$\begin{aligned} H_{out} &= n \times C_p \times \Delta T \\ &= 876.0814109 \times 58 \times (363,15-298,15) \\ &= 876.0814109 \times 58 \times 65 \\ &= 3302826.919 \text{ kkal/hari} \end{aligned}$$

H<sub>2</sub>O

$$T_{out} = 363.15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T_{ref} = 298.15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$C_p \text{ larutan keluar} = \int 7,701 + 0,0004505 T + 2,5 \cdot 10^{-6} T^2 \\ 0,0000013141 dT$$

$$\text{massa larutan keluar} = 52621.41 \text{ Kg/hari}$$

$$\begin{aligned} H_{out} &= n \times C_p dT \\ &= 2923.411446 \times 526.1822957 \\ &= 2923.411446 \times 526.1822957 \\ &= 1538247.346 \text{ kkal/hari} \end{aligned}$$

Perhitungan Enthalpy Panas yang Keluar

Komponen	Kmol	T (K)	C <sub>p</sub> dT	Q (kkal/hari)
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	876.0814	363.15	3,770	3,302,826.9190
H <sub>2</sub> O	2,923.4114		526.182	1,538,247.3460
Total	3,799.4929			4,841,074.2650

Menghitung kebutuhan steam

$$\Delta H_{in} + Q_{supply} = \Delta H_{out} + Q_{loss}$$

$$\Delta H_{in} + Q_{supply} = \Delta H_{out} - 0,05 Q_{supply}$$

$$0,95 Q_{supply} = 4,841,074.2650 - 371,599.0249$$

$$Q_{supply} = 4,704,710.7791 \text{ kkal/hari}$$

$$Q_{loss} = 235,235.5390$$

oleh karena itu membutuhkan fluida panas yang berfungsi

sebagai pemanas yaitu *saturated steam* pada *steam table*

dengan kondisi :

$$Temperature = 453.15 \text{ K} = 180 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Tekanan = 1 \text{ atm}$$

$$H_v = 663.56167 \text{ kkal/kg}$$

$$H_i = 182.29197 \text{ kkal/kg}$$

$$\lambda_{steam} = H_v - H_i$$

$$= 663.56167 - 182.29197$$

$$= 481.2697 \text{ kkal/kg}$$

Menghitung massa steam

$$\text{massa steam} = \frac{Q_{supply}}{\lambda_{steam}}$$

$$= \frac{4,704,710.7791}{481.2697}$$

$$= 9775.622232 \text{ Kg/hari}$$

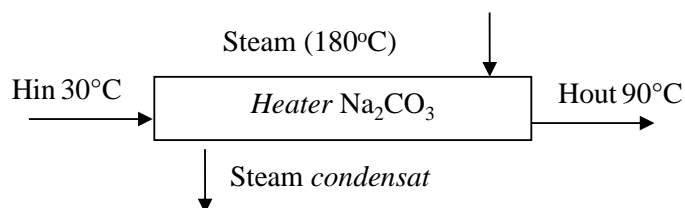
**Tabel B-2** Neraca Energi pada Heater  $\text{H}_3\text{PO}_4$

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kkal/hari)	Komponen	Panas (kkal/hari)
Aliran (4)		Aliran (5)	
$\text{H}_3\text{PO}_4$	254,063.6092	$\text{H}_3\text{PO}_4$	3,302,826.9190
$\text{H}_2\text{O}$	117,535.4157	$\text{H}_2\text{O}$	1,538,247.3460
Q supply	4,704,710.7791	Q loss	235235.539
<b>Total</b>	<b>5,076,309.8039</b>	<b>Total</b>	<b>5,076,309.8039</b>

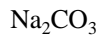
## 2. Heater $\text{Na}_2\text{CO}_3$ (E-216)

Fungsi :Memanaskan larutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sebelum masuk reaktor

hingga suhu  $90^{\circ}\text{C}$



Panas aliran masuk Heater

a. Menghitung entalpi masuk ( $H_{in}$ )

$T_{in} = 303.15 \text{ } ^\circ\text{K}$

$T_{ref} = 298.15 \text{ } ^\circ\text{K}$

$C_p \text{ larutan masuk} = 28.9 \text{ cal/mol}$

$\text{massa larutan masuk} = 114861.38 \text{ Kg/hari}$

$H_{in} = n \times C_p \times \Delta T$

$= 1083.59789 \times 28.9 \times (303.15 - 298.15)$

$= 1083.59789 \times 28.9 \times 5$

$= 156579.8951 \text{ kkal/hari}$



$T_{in} = 303.15 \text{ } ^\circ\text{K}$

$T_{ref} = 298.15 \text{ } ^\circ\text{K}$

$C_p \text{ larutan keluar} = \int 7,701 + 0,0004505 T + 2,5 \cdot 10^{-6} T^2$   
 $0,0000013141 dT$

$\text{massa larutan masuk} = 268009.88 \text{ Kg/hari}$

$H_{in} = n \times C_p dT$

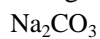
$= 14889.43767 \times 40.20488318$

$= 14889.43767 \times 40.20488318$

$= 598628.1023 \text{ kkal/hari}$

Perhitungan Enthalpy Panas yang Masuk

Komponen	Kmol	T (K)	$C_p dT$	Q (kkal/hari)
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	1,083.5979	303.15	145	156,579.8951
$\text{H}_2\text{O}$	14,889.4377		40.205	598,628.1023
Total	15,973.0356			755,207.9974

b. Menghitung entalpi keluar ( $H_{out}$ )

$T_{out} = 363.15 \text{ } ^\circ\text{K}$

$T_{ref} = 298.15 \text{ } ^\circ\text{K}$

$C_p \text{ larutan keluar} = 28.9 \text{ cal/mol}$

$\text{massa larutan keluar} = 114861.38 \text{ Kg/hari}$

$H_{out} = n \times C_p \times \Delta T$

$= 1083.59789 \times 28.9 \times (363.15 - 298.15)$

$= 1083.59789 \times 28.9 \times 65$

$= 2035538.636 \text{ kkal/hari}$



$T_{out} = 363.15 \text{ } ^\circ\text{K}$

$T_{ref} = 298.15 \text{ } ^\circ\text{K}$



$$\begin{aligned}
 C_p \text{ larutan keluar} &= \int 7,701 + 0,0004505 T + 2,5 \cdot 10^{-6} T^2 \\
 &\quad 0,0000013141 dT \\
 \text{massa larutan keluar} &= 268009.88 \quad \text{Kg/hari} \\
 H_{\text{out}} &= n \times C_p dT \\
 &= 14889.43767 \times 526.1822957 \\
 &= 14889.43767 \times 526.1822957 \\
 &= 7834558.495 \quad \text{kkal/hari}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Enthalpy Panas yang Keluar

Komponen	Kmol	T (K)	C <sub>p</sub> dT	Q (kkal/hari)
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1,083.5979	363.15	1,879	2,035,538.6362
H <sub>2</sub> O	14,889.4377		526.182	7,834,558.4953
Total	15,973.0356			9,870,097.1315

Menghitung kebutuhan steam

$$\Delta H \text{ in} + Q \text{ supply} = \Delta H \text{ out} + Q \text{ loss}$$

$$\Delta H \text{ in} + Q \text{ supply} = \Delta H \text{ out} - 0,05 Q_{\text{supply}}$$

$$0.95 \quad Q \text{ supply} = 9,870,097.1315 - 755,207.9974$$

$$= 9,594,620.1412 \quad \text{kkal/hari}$$

$$Q \text{ loss} = 479,731.0071 \quad \text{kkal/hari}$$

oleh karena itu membutuhkan fluida panas yang berfungsi sebagai pemanas yaitu *saturated steam* pada *steam table* dengan kondisi :

$$\begin{aligned}
 \text{Temperature} &= 453.15 \quad ^\circ\text{C} \\
 \text{Tekanan} &= 1 \quad \text{atm} \\
 H_v &= 663.56167 \quad \text{kkal/kg} \\
 H_i &= 182.29197 \quad \text{kkal/kg} \\
 \Delta \text{ steam} &= H_v - H_i \\
 &= 663.56167 - 182.29197 \\
 &= 481.2697 \quad \text{kkal/kg}
 \end{aligned}$$

Menghitung massa steam

$$\begin{aligned}
 \text{massa steam} &= \frac{\Delta H \text{ Steam}}{\Delta \text{ steam}} \\
 &= \frac{9,594,620.1412}{481.2697} \\
 &= 19936.05694 \quad \text{Kg/hari}
 \end{aligned}$$

Tabel B-3 Neraca Energi pada Heater Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kkal/hari)	Komponen	Panas (kkal/hari)
Aliran (10)		Aliran (11)	
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	156,579.8951	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2,035,538.6362
H <sub>2</sub> O	598,628.1023	H <sub>2</sub> O	7,834,558.4953
		Q loss	479,731.0071

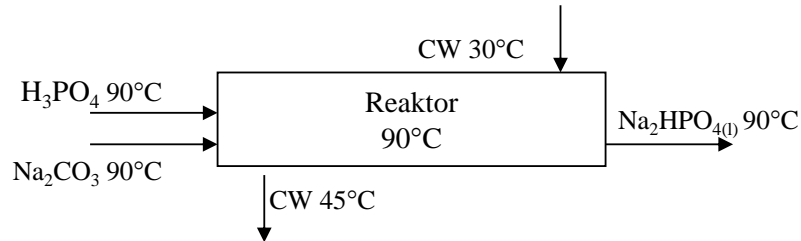
Q supply	9,594,620.1412		
<b>Total</b>	<b>10,349,828.1386</b>	<b>Total</b>	<b>10,349,828.1386</b>

### 3. Reaktor Tangki Alir Berpengaduk (R-110)

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi antara bahan baku

$\text{H}_3\text{PO}_4$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sehingga menghasilkan  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,

$\text{H}_2\text{O}$ , dan  $\text{CO}_2$



Reaksi yang terjadi :



Perhitungan Enthalpy Panas yang Masuk

Komponen	Kmol	T (K)	$C_p dT$	Q (kkal/hari)
$\text{H}_3\text{PO}_4$	876.0814	363.15	3,770	3,302,826.9190
$\text{H}_2\text{O}$	2,923.4114		526	1,538,247.3460
<b>Total</b>	<b>3,799.4929</b>			<b>4,841,074.2650</b>

Perhitungan Enthalpy Panas yang Masuk

Komponen	Kmol	T (K)	$C_p dT$	Q (kkal/hari)
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	1,083.5979	363.15	1,879	2,035,538.6362
$\text{H}_2\text{O}$	14,889.4377		526	7,834,558.4953
<b>Total</b>	<b>15,973.0356</b>			<b>9,870,097.1315</b>

Perhitungan Enthalpy Panas yang Keluar

$$T_{\text{out}} = 363.15 \text{ K}$$

$$T_{\text{ref}} = 298.15 \text{ K}$$

Komponen	Kmol	T (K)	$C_p dT$	Q (kkal/hari)
$\text{H}_3\text{PO}_4$	38.5476	363.15	3,770	145,324.3844
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	246.0641		1,879	462,231.3388
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	837.5338		8,671	7,262,255.8295
$\text{H}_2\text{O}$	18,650.3829		526	9,813,501.3140
$\text{CO}_2$	837.5338		848	710,525.1248
<b>Total</b>	<b>19,487.9168</b>			<b>18,393,837.9915</b>

### Panas Reaksi :

$$\Delta H_R = \Delta H_{R \text{ Tref}} + (\Delta H \text{ produk} - \Delta H \text{ reaktan})$$

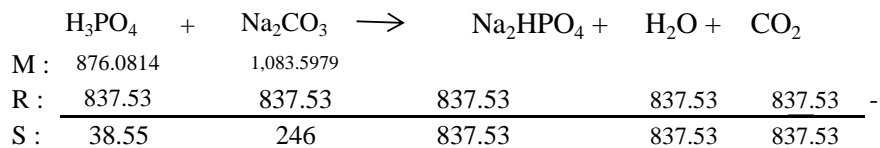
Dimana :

$\Delta H_{\text{reaktan}}$  = entalpi bahan masuk  
 $\Delta H_{\text{produk}}$  = entalpi bahan keluar  
 $\Delta H_{\text{R Tref}}$  = panas reaksi pada suhu reference

Data  $H^{\circ}F$  komponen

Komponen	$H^{\circ}F$ (kkal/kmol)	Literature
$H_3PO_4$	-309320	Perry T2.220
$Na_2CO_3$	-275130	Perry T2.220
$Na_2HPO_4$	-457000	Perry T2.220
$H_2O$	-68317.4	Perry T2.220
$CO_2$	-94052	Perry T2.220

Reaksi yang terjadi :

Menghitung panas reaksi  $\Delta H_{25^{\circ}C}$ 

Komponen	Koefisien	Kmol	$\Delta H_f$	$H = n.Mol.\Delta H_f$
$H_3PO_4$	1	837.53	-309320	-259,065,963.92
$Na_2CO_3$	1	837.53	-275130	-230,430,682.32
$Na_2HPO_4$	1	837.53	-457000	-382,752,959.76
$H_2O$	1	837.53	-68317.4	-57,218,133.60
$CO_2$	1	837.53	-94052	-78,771,731.67
<b>Total</b>				-29,246,178.78

$$\Delta H_{25} = -29,246,178.7814 \text{ kkal/hari}$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 \text{Panas masuk} + Q &= \text{Panas keluar} + \Delta H_{25} \\
 14,711,171.3965 + Q &= 18,393,837.9915 + -29,246,178.78 \\
 Q &= -25,563,512.1863 \text{ kkal/hari} \\
 &= 25563512.19 \text{ kkal/hari}
 \end{aligned}$$

## Kebutuhan air pendingin

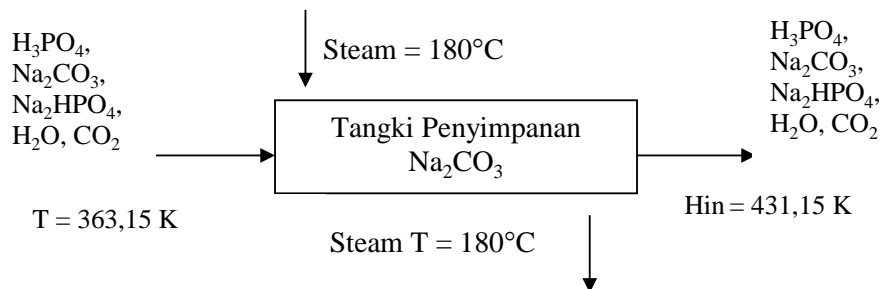
$$\begin{aligned}
 \text{Suhu air pendingin masuk} &= 303.15 \text{ K} & 298.15 \\
 \text{Suhu air pendingin keluar} &= 318.15 \text{ K} \\
 \text{Cp air pendingin} &= 120.8777015 \text{ Kkal/kmolK} \\
 &= 6.71542786 \text{ Kkal/kgK} \\
 Q \text{ serap} &= m.cP.\Delta T \\
 m \text{ air pendingin} &= 3806684.059 \text{ Kg/hari}
 \end{aligned}$$

**Tabel B-4** Neraca Energi pada Reaktor

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kkal/hari)	Komponen	Panas (kkal/hari)
Aliran (5)		Aliran(11)	
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3,302,826.9190	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	145,324.3844
H <sub>2</sub> O	1,538,247.3460	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	462,231.3388
Aliran (11)		Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	7,262,255.8295
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2,035,538.6362	H <sub>2</sub> O	9,813,501.3140
H <sub>2</sub> O	7,834,558.4953	CO <sub>2</sub>	710,525.1248
		$\Delta H_{25}$	-29,246,178.7814
		Q serp	25,563,512.1863
<b>Total</b>	14,711,171.3965	<b>Total</b>	14,711,171.3965

**4. Vaporizer (E-312)**

Fungsi: untuk menguapkan larutan Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> dari suhu 90°C sampai 158°C sebelum masuk absorber



Perhitungan Enthalpy Panas yang Masuk

$$T_{in} = 363.15 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 298.15 \text{ K}$$

Komponen	Kmol	T (K)	C <sub>p</sub> dT	Q (kkal/hari)
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	38.5476	363.15	3,770	145,324.3844
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	246.0641		1,879	462,231.3388
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	837.5338		8,671	7,262,255.8295
H <sub>2</sub> O	18,650.3829		526	9,813,501.3140
CO <sub>2</sub>	837.5338		848	710,525.1248
<b>Total</b>	20,610.0622			18,393,837.9915

Perhitungan Enthalpy Panas yang Keluar

$$T_{in} = 431.15 \text{ K}$$

$$T_{ref} = 298.15 \text{ K}$$

Komponen	Kmol	T (K)	C <sub>p</sub> dT	Q (kkal/hari)
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	38.5476		7,714	297,356.0482

Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	246.0641	431.15	3,844	945,796.4316
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	837.5338		17,742	14,859,692.6973
H <sub>2</sub> O	18,650.3829		1,124	20,972,268.4292
CO <sub>2</sub>	837.5338		1,710	1,432,499.0058
Total	20,610.0622			38,507,612.6121

Menghitung kebutuhan steam

$$\Delta H \text{ in} + Q \text{ supply} = \Delta H \text{ out} + Q \text{ loss}$$

$$\Delta H \text{ in} + Q \text{ supply} = \Delta H \text{ out} - 0,05 Q_{\text{supply}}$$

$$0.95 \quad Q \text{ supply} = 38,507,612.6121 - 18,393,837.9915$$

$$Q \text{ supply} = 21,172,394.3374 \quad \text{kkal/hari}$$

$$Q \text{ loss} = 1,058,619.7169 \quad \text{kkal/hari}$$

oleh karena itu membutuhkan fluida panas yang berfungsi sebagai pemanas yaitu *saturated steam* pada *steam table* dengan kondisi :

Temperature	=	453.15	°C
Tekanan	=	1	atm
Hv	=	663.56167	kkal/kg
Hi	=	182.29197	kkal/kg
λ steam	=	Hv - Hi	
	=	663.56167 - 182.29197	
	=	481.2697	kkal/kg

Menghitung massa steam

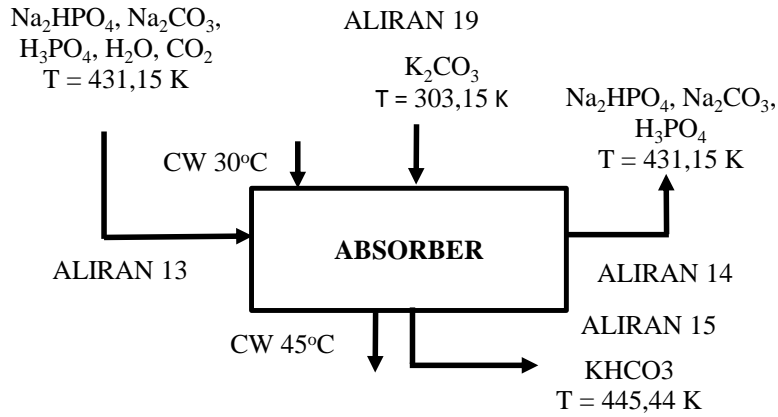
$$\begin{aligned} \text{massa steam} &= \frac{Q \text{ supply}}{\lambda \text{ steam}} \\ &= \frac{21,172,394.3374}{481.2697} \\ &= 43992.78479 \quad \text{Kg/hari} \end{aligned}$$

**Tabel B-5** Neraca Energi pada Vaporizer

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kkal/hari)	Komponen	Panas (kkal/hari)
Aliran (12)		Aliran (13)	
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	145,324.3844	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	297,356.0482
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	462,231.3388	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	945,796.4316
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	7,262,255.8295	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	14,859,692.6973
H <sub>2</sub> O	9,813,501.3140	H <sub>2</sub> O	20,972,268.4292
CO <sub>2</sub>	710,525.1248	CO <sub>2</sub>	1,432,499.0058
Q supply	21,172,394.3374	Q loss	1,058,619.7169
<b>Total</b>	<b>39,566,232.3290</b>	<b>Total</b>	<b>39,566,232.3290</b>

## 5. Absorber (D-310)

Fungsi : Untuk menyerap gas CO<sub>2</sub> dengan menggunakan pelarut K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>



Perhitungan Enthalpy Panas yang Masuk

 $T_{ref}$ 

= 298.15 K

Komponen	Kmol	T (K)	$C_p dT$	Q (kkal/hari)
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	837.5338	431.15	17,742	14,859,692.6973
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	38.5476		7,714	297,356.0482
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	246.0641		3,844	945,796.4316
H <sub>2</sub> O	18,650.3829		1,124	20,972,268.4292
CO <sub>2</sub>	837.5338		1,710	1,432,499.0058
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	847.7567	303.15	150	126,739.6315
Total	21,457.8190			38,634,352.2436

Perhitungan Enthalpy Panas yang Keluar

 $T_{ref}$ 

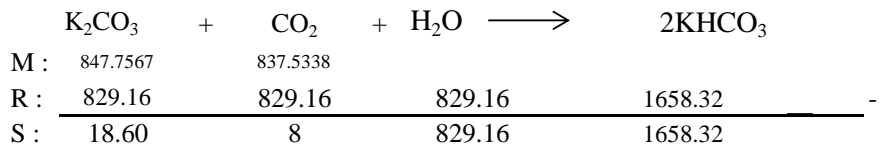
= 298.15 K

Komponen	Kmol	T (K)	$C_p dT$	Q (kkal/hari)
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	837.5338	431.15	17,742	14,859,692.6973
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	38.5476		7,714	297,356.0482
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	246.0641		3,844	945,796.4316
H <sub>2</sub> O	17,821.2245		1,124	20,039,883.5831
CO <sub>2</sub>	8.3753		1,452	12,159.2199
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	18.5982	410.62	3,363	62,544.8170
KHCO <sub>3</sub>	1,658.3170		2,350	3,897,553.1262
Total	20,628.6605			40,114,985.9234

Data H<sup>o</sup>F komponen

Komponen	H <sup>o</sup> F (kkal/kmo)	Literature
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	-274010	Perry T2.220
H <sub>2</sub> O	-68317.4	Perry T2.220
CO <sub>2</sub>	-94052	Perry T2.220
KHCO <sub>3</sub>	-229800	Perry T2.221

Reaksi yang terjadi :



#### Menghitung panas reaksi $\Delta H_{25}^\circ \text{C}$

Komponen	Koefisien	Kmol	$\Delta H_f$	$H = n \cdot \text{Mol} \cdot \Delta H_f$
$\text{K}_2\text{CO}_3$	1	829.16	-274010	-227,197,717.98
$\text{H}_2\text{O}$	1	829.16	-68317.4	-56,645,952.26
$\text{CO}_2$	1	829.16	-94052	-77,984,014.35
$\text{KHCO}_3$	1	1658.32	-229800	-381,081,242.24
<b>Total</b>				-19,253,557.64

$$\Delta H_{25} = -19,253,557.6448 \text{ kkal/hari}$$

Maka,

$$\begin{aligned} \text{Panas masuk} + Q &= \text{Panas keluar} + \Delta H_{25} \\ 38,634,352.2436 + Q &= 40,114,985.9234 + (-19,253,557.64) \\ Q &= -17,772,923.9650 \text{ kkal/hari} \\ &= 17772923.96 \text{ kkal/hari} \end{aligned}$$

#### Kebutuhan air pendingin

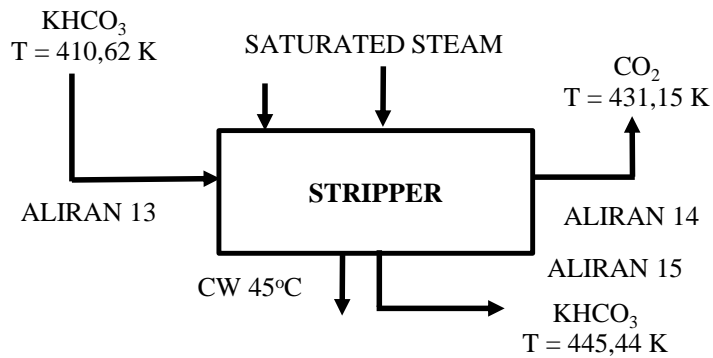
$$\begin{aligned} \text{Suhu air pendingin masuk} &= 303.15 \text{ K} & 298.15 \\ \text{Suhu air pendingin keluar} &= 318.15 \text{ K} \\ \text{Cp air pendingin} &= 120.8777015 \text{ Kkal/kmolK} \\ &= 6.71542786 \text{ Kkal/kgK} \\ \text{Q serap} &= m \cdot c_p \cdot \Delta T \\ \text{m air pendingin} &= 2646581.027 \text{ Kg/hari} \end{aligned}$$

**Tabel B-6 Neraca Energi pada Absorber**

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kkal/hari)	Komponen	Panas (kkal/hari)
Aliran (13)		Aliran(14)	
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	14,859,692.6973	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	14,859,692.6973
$\text{H}_3\text{PO}_4$	297,356.0482	$\text{H}_3\text{PO}_4$	297,356.0482
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	945,796.4316	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	945,796.4316
$\text{H}_2\text{O}$	20,972,268.4292	$\text{H}_2\text{O}$	20,039,883.5831
$\text{CO}_2$	1,432,499.0058	Aliran (15)	
Aliran (19)		$\text{CO}_2$	12,159.2199
$\text{K}_2\text{CO}_3$	126,739.6315	$\text{K}_2\text{CO}_3$	62,544.8170
		$\text{KHCO}_3$	3,897,553.1262
		$\Delta H_{25}$	-19,253,557.6448
		Q serp	17,772,923.9650
<b>Total</b>	38,634,352.2436	<b>Total</b>	38,634,352.2436

## 6. Stripper (D-320)

Fungsi : untuk menyerap gas  $\text{CO}_2$



Perhitungan Enthalpy Panas yang Masuk

$$T_{\text{ref}} = 298.15 \text{ K}$$

Komponen	Kmol	T (K)	$C_p dT$	Q (kkal/hari)
$\text{CO}_2$	8.3753	410.62	1,452	12,159.2199
$\text{K}_2\text{CO}_3$	18.5982		3,363	62,544.8170
$\text{KHCO}_3$	1,658.3170		2,350	3,897,553.1262
Total	1,685.2906			3,972,257.1631

Perhitungan Enthalpy Panas yang Keluar

$$T_{\text{ref}} = 298.15 \text{ K}$$

Komponen	Kmol	T (K)	$C_p dT$	Q (kkal/hari)
$\text{CO}_2$	829.2422	431.15	1,710	1,418,317.2656
$\text{K}_2\text{CO}_3$	839.4651		3,977	3,338,301.0526
$\text{KHCO}_3$	16.5832		2,779	46,088.8044
$\text{H}_2\text{O}$	820.8669		1,124	923,060.9976
Total	1,685.2906			5,725,768.1202

Data  $H^{\circ}F$  komponen

Komponen	$H^{\circ}F$ (kkal/kmo)	Literature
$\text{K}_2\text{CO}_3$	-274010	Perry T2.220
$\text{H}_2\text{O}$	-68317.4	Perry T2.220
$\text{CO}_2$	-94052	Perry T2.220
$\text{KHCO}_3$	-229800	Perry T2.221

M : 1,658.3170

R : 1641.73                      820.87                      820.87                      820.87 -

S : 16.58                      821                      820.87                      820.87

Menghitung panas reaksi  $\Delta H_{25^{\circ}\text{C}}$

Komponen	Koefisien	Kmol	$\Delta H_f$	$H = n \cdot \text{Mol} \cdot \Delta H_f$
$\text{KHCO}_3$	2	1641.73	-229800	-377,270,429.82
$\text{K}_2\text{CO}_3$	1	820.87	-274010	-224,925,740.81



CO <sub>2</sub>	1	820.87	-94052	-77,204,174.21
H <sub>2</sub> O	1	820.87	-68317.4	-56,079,492.74
<b>Total</b>				19,061,022.07

$$\Delta H_{25} = 19,061,022.0683 \text{ kkal/hari}$$

Maka,

$$\begin{aligned} \text{Panas masuk} + Q &= \text{Panas keluar} + \Delta H_{25} \\ 3,972,257.1631 + Q &= 5,725,768.1202 + 19,061,022.07 \\ Q &= 20,814,533.0254 \text{ kkal/hari} \end{aligned}$$

oleh karena itu membutuhkan fluida panas yang berfungsi sebagai pemanas yaitu *saturated steam* pada *steam table* dengan kondisi :

$$\begin{aligned} \text{Temperature} &= 453.15 \text{ } ^\circ\text{C} \\ \text{Tekanan} &= 1 \text{ atm} \\ H_v &= 663.56167 \text{ kkal/kg} \\ H_i &= 182.29197 \text{ kkal/kg} \\ \lambda \text{ steam} &= H_v - H_i \\ &= 663.56167 - 182.29197 \\ &= 481.2697 \text{ kkal/kg} \end{aligned}$$

Menghitung massa steam

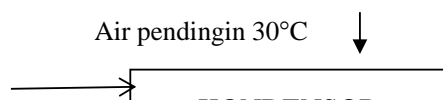
$$\begin{aligned} \text{massa steam} &= \frac{Q \text{ supply}}{\lambda \text{ steam}} \\ &= \frac{20,814,533.0254}{481.2697} \\ &= 43249.20731 \text{ Kg/hari} \end{aligned}$$

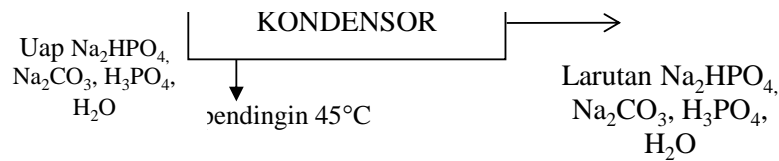
**Tabel B-7** Neraca Energi pada stripper

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kkal/hari)	Komponen	Panas (kkal/hari)
Aliran (15)		Aliran (17 & 18)	
KHCO <sub>3</sub>	3,897,553.1262	KHCO <sub>3</sub>	46,088.8044
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	62,544.8170	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	3,338,301.0526
CO <sub>2</sub>	12,159.2199	CO <sub>2</sub>	1,418,317.2656
		H <sub>2</sub> O	923,060.9976
Q serp	20,814,533.0254	ΔH <sub>25</sub>	19,061,022.0683
<b>Total</b>	<b>24,786,790.1885</b>	<b>Total</b>	<b>24,786,790.1885</b>

## 7. Kondensor (E-331)

Fungsi : Untuk mencairkan uap Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>





## Perhitungan Enthalpy Panas yang Masuk

$$T_{\text{ref}} = 298.15 \text{ K}$$

Komponen	Kmol	T (K)	$C_p dT$	Q (kkal/hari)
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	837.5338	431.15	17,742	14,859,692.6973
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	38.5476		7,714	297,356.0482
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	246.0641		3,844	945,796.4316
H <sub>2</sub> O	17,821.2245		1,124	20,039,883.5831
Total	18,943.3699			36,142,728.7602

## Perhitungan Enthalpy Panas yang Keluar

$$T_{\text{ref}} = 298.15 \text{ K}$$

Komponen	Kmol	T (K)	$C_p dT$	Q (kkal/hari)
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	837.5338	363.15	8,671	7,262,255.8295
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	38.5476		3,770	145,324.3844
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	246.0641		1,879	462,231.3388
H <sub>2</sub> O	17,821.2245		526	9,377,212.7960
Total	18,943.3699			17,247,024.3487

Maka,

$$\begin{aligned}
 \text{Panas masuk} + Q &= \text{Panas keluar} \\
 36,142,728.7602 + Q &= 17,247,024.3487 \\
 Q &= -18,895,704.4115 \text{ kkal/hari} \\
 &= 18,895,704.41 \text{ kkal/hari}
 \end{aligned}$$

**Kebutuhan air pendingin**

$$\begin{aligned}
 \text{Suhu air pendingin masuk} &= 303.15 \text{ K} & 298.15 \\
 \text{Suhu air pendingin keluar} &= 318.15 \text{ K} \\
 \text{Cp air pendingin} &= 120.8777015 \text{ Kkal/kmolK} \\
 &= 6.71542786 \text{ Kkal/kgK} \\
 Q \text{ serap} &= m \cdot c_p \cdot \Delta T \\
 m \text{ air pendingin} &= 2813775.206 \text{ Kg/hari}
 \end{aligned}$$

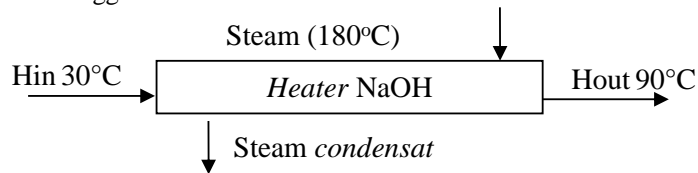
**Tabel B-8 Neraca Energi pada Kondensor**

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kkal/hari)	Komponen	Panas (kkal/hari)
Aliran (14)		Aliran(16)	
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	14,859,692.6973	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	7,262,255.8295
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	297,356.0482	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	145,324.3844
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	945,796.4316	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	462,231.3388
H <sub>2</sub> O	20,039,883.5831	H <sub>2</sub> O	9,377,212.7960

		Q serap	18,895,704.4115
<b>Total</b>	36,142,728.7602	<b>Total</b>	36,142,728.7602

### 8. Heater NaOH (E-115)

Fungsi : Memanaskan larutan NaOH sebelum masuk reaktor hingga suhu 90°C



Panas aliran masuk Heater

#### a. Menghitung entalpi masuk (Hin)

NaOH

$$\begin{aligned}
 T_{in} &= 303.15 \text{ } ^\circ\text{K} \\
 T_{ref} &= 298.15 \text{ } ^\circ\text{K} \\
 C_p \text{ larutan masuk} &= 50.6692 \text{ kJ/Kg} \\
 \text{massa larutan masuk} &= 48729.07 \text{ Kg/hari} \\
 H_{in} &= m \times C_p \\
 &= 48729.07 \times 50.6692 \\
 &= 48729.06875 \times 50.6692 \\
 &= 2469062.93 \text{ kkal/hari}
 \end{aligned}$$

H<sub>2</sub>O

$$\begin{aligned}
 T_{in} &= 303.15 \text{ } ^\circ\text{K} \\
 T_{ref} &= 298.15 \text{ } ^\circ\text{K} \\
 C_p \text{ larutan masuk} &= \int 7,701 + 0,0004505 T + 2,5 \cdot 10^{-6} T^2 \\
 &\quad - 8,59 \cdot 10^{-10} T^3 dT \\
 \text{massa larutan masuk} &= 67292.52 \text{ Kg/hari} \\
 H_{in} &= n \times C_p dT \\
 &= 3738.473528 \times 40.20488318 \\
 &= 3738.473528 \times 40.20488318 \\
 &= 150304.8915 \text{ kkal/hari}
 \end{aligned}$$

**Tabel B.1** Perhitungan Enthalpy Panas yang Masuk

Komponen	Kmol	T (K)	C <sub>p</sub> dT	Q (kkal/hari)
NaOH	48,729.0687	303.15	51	2,469,062.9301
H <sub>2</sub> O	3,738.4735		40.205	150,304.8915
Total	52,467.5423			2,619,367.8216

#### b. Menghitung entalpi keluar (Hout)

NaOH

$$\begin{aligned}
 T_{out} &= 363.15 \text{ } ^\circ\text{K} \\
 T_{ref} &= 298.15 \text{ } ^\circ\text{K}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_p \text{ larutan keluar} &= 103.489 \text{ kJ/Kg} \\
 \text{massa larutan keluar} &= 48729.07 \text{ Kg/hari} \\
 H_{\text{out}} &= m \times C_p \times \Delta T \\
 &= 48729.07 \times 103.489 \\
 &= 48729.06875 \times 103.489 \\
 &= 5042922.595 \text{ kkal/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_2O \\
 T_{\text{out}} &= 363.15 \text{ } ^\circ\text{K} \\
 T_{\text{ref}} &= 298.15 \text{ } ^\circ\text{K} \\
 C_p \text{ larutan keluar} &= \int 7,701 + 0,0004505 T + 2,5 \cdot 10^{-6} T^2 \\
 &\quad - 8,59 \cdot 10^{-10} T^3 dT \\
 \text{massa larutan keluar} &= 67292.52 \text{ Kg/hari} \\
 H_{\text{out}} &= n \times C_p dT \\
 &= 3738.473528 \times 526.1822957 \\
 &= 3738.473528 \times 526.1822957 \\
 &= 1967118.583 \text{ kkal/hari}
 \end{aligned}$$

## Perhitungan Enthalpy Panas yang Keluar

Komponen	Kmol	T (K)	C <sub>p</sub> dT	Q (kkal/hari)
NaOH	48,729.0687	363.15	103	5,042,922.5954
H <sub>2</sub> O	3,738.4735		526.182	1,967,118.5832
Total	52,467.5423			7,010,041.1787

Menghitung kebutuhan steam

$$\Delta H \text{ in} + Q \text{ supply} = \Delta H \text{ out} + Q \text{ loss}$$

$$\Delta H \text{ in} + Q \text{ supply} = \Delta H \text{ out} - 0,05 Q_{\text{supply}}$$

$$0.95 Q_{\text{supply}} = 7,010,041.1787 - 2,619,367.8216$$

$$Q_{\text{supply}} = 4,621,761.4285 \text{ kkal/hari}$$

$$Q_{\text{loss}} = 231,088.0714 \text{ kkal/hari}$$

oleh karena itu membutuhkan fluida panas yang berfungsi sebagai pemanas yaitu *saturated steam* pada *steam table* dengan kondisi :

$$\begin{aligned}
 \text{Temperature} &= 453.15 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{Tekanan} &= 1 \text{ atm} \\
 H_v &= 663.56167 \text{ kkal/kg} \\
 H_i &= 182.29197 \text{ kkal/kg} \\
 \lambda \text{ steam} &= H_v - H_i \\
 &= 663.56167 - 182.29197 \\
 &= 481.2697 \text{ kkal/kg}
 \end{aligned}$$

Menghitung massa steam

$$\begin{aligned}
 \text{massa steam} &= \frac{Q_{\text{supply}}}{\lambda \text{ steam}} \\
 &= \frac{4,621,761.4285}{481.2697}
 \end{aligned}$$

$$= 9603.267001 \quad \text{Kg/hari}$$

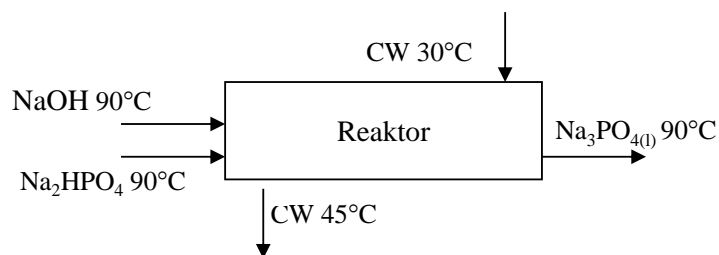
**Tabel B-9** Neraca Energi pada Heater NaOH

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kkal/hari)	Komponen	Panas (kkal/hari)
Aliran (21)		Aliran (22)	
NaOH	2,469,062.9301	NaOH	5,042,922.5954
H <sub>2</sub> O	150,304.8915	H <sub>2</sub> O	1,967,118.5832
Q supply	4,621,761.4285	Q loss	231,088.0714
<b>Total</b>	<b>7,241,129.2501</b>	<b>Total</b>	<b>7,241,129.2501</b>

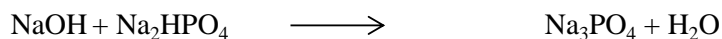
**9. Reaktor (R-330)**

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi antara bahan baku

Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> dan NaOH sehingga menghasilkan Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>,



Reaksi yang terjadi :



Perhitungan Enthalpy Panas yang Masuk

Komponen	Kmol	T (K)	C <sub>p</sub> dT	Q (kkal/hari)
NaOH	64,247.5681	363.15	103	6,648,916.5799
H <sub>2</sub> O	27,058.2338		526	14,237,563.6021
<b>Total</b>	<b>91,305.8020</b>			<b>20,886,480.1820</b>

Perhitungan Enthalpy Panas yang Masuk

Komponen	Kmol	T (K)	C <sub>p</sub> dT	Q (kkal/hari)
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	845.3944	363.15	8,671	7,330,415.0571
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	77.0353		3,770	290,423.1623
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	491.7461		1,879	923,745.0937
H <sub>2</sub> O	27,058.2338		526	14,237,563.6021
<b>Total</b>	<b>28,472.4097</b>			<b>22,782,146.9151</b>

Perhitungan Enthalpy Panas yang Keluar

$$T_{\text{out}} = 363.15 \quad \text{K}$$

$$T_{\text{ref}} = 298.15 \quad \text{K}$$

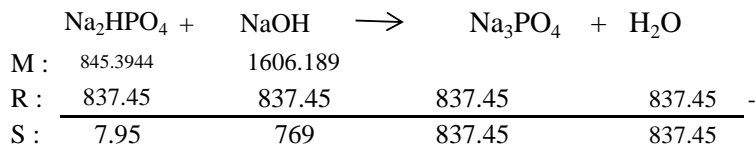
Komponen	Kmol	T (K)	C <sub>p</sub> dT	Q (kkal/hari)
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1,000.3381		170	170,032.4642

Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	15.7334	363.15	8,671	136,424.4323
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	491.7461		1,879	923,745.0937
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	77.0353		3770	290,423.1623
NaOH	31,061.1277		103	3,214,485.0460
H <sub>2</sub> O	27,887.8949		526	14,674,116.5374
Total	60,533.8755			19,409,226.7358

Data H<sup>o</sup>F komponen

Komponen	H <sup>o</sup> F (kkal/kmol)	Literature
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	-457000	Perry T2.220
NaOH	-101960	Perry T2.220
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	-471900	Perry T2.220
H <sub>2</sub> O	-94052	Perry T2.220

Reaksi yang terjadi :



Menghitung panas reaksi ΔH 25°C

Komponen	Koefisien	Kmol	ΔH <sub>f</sub>	H = n.Mol.ΔH <sub>f</sub>
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	1	837.45	-457000	-382,713,606.74
NaOH	1	837.45	-101960	-85,386,169.24
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1	837.45	-471900	-395,191,577.73
H <sub>2</sub> O	1	837.45	-94052	-78,763,632.69
<b>Total</b>				-5,855,434.44

$$\Delta H_{25} = -5,855,434.4384 \text{ kkal/hari}$$

Maka,

$$\begin{aligned} \text{Panas masuk} + Q &= \text{Panas keluar} + \Delta H_{25} \\ 43,668,627.0971 + Q &= 19,409,226.7358 + -5,855,434.44 \\ Q &= -30,114,834.7996 \text{ kkal/hari} \\ &= 30,114,834.7996 \text{ kkal/hari} \end{aligned}$$

### Kebutuhan air pendingin

$$\begin{aligned} \text{Suhu air pendingin masuk} &= 303.15 \text{ K} & 298.15 \\ \text{Suhu air pendingin keluar} &= 318.15 \text{ K} \\ \text{Cp air pendingin} &= 120.8777015 \text{ Kkal/kmolK} \\ &= 6.71542786 \text{ Kkal/kgK} \\ Q \text{ serap} &= m.cP.\Delta T \\ m \text{ air pendingin} &= 4484425.33 \text{ Kg/hari} \end{aligned}$$

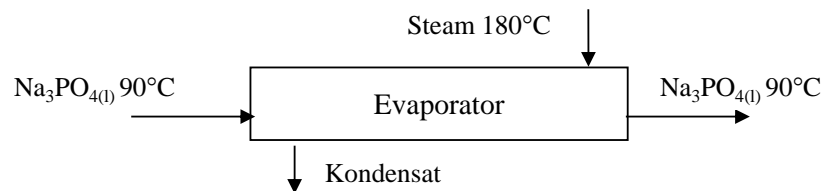
Tabel B-10 Neraca Energi pada Reaktor

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kkal/hari)	Komponen	Panas (kkal/hari)

Aliran (16)		Aliran(24)	
NaOH	6,648,916.5799	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	170,032.4642
H <sub>2</sub> O	14,237,563.6021	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	136,424.4323
Aliran (22 & 23)		Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	923,745.0937
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	7,330,415.0571	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	290,423.1623
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	290,423.1623	NaOH	3,214,485.0460
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	923,745.0937	H <sub>2</sub> O	14,674,116.5374
H <sub>2</sub> O	14,237,563.6021		
		$\Delta H_{25}$	-5,855,434.4384
		Q serap	30,114,834.7996
<b>Total</b>	43,668,627.0971	<b>Total</b>	43,668,627.0971

#### 10. Evaporator (V-340A, V-340B, V-340C)

Fungsi :Memekatkan larutan Trinatrium Fosfat.



Perhitungan Boiling Point Rise (BPR) dan Temperature tiap Effect

$$\text{BPR}^{\circ}\text{C} = 1,78x + 6,22x^2$$

$$X_1 = 0.401682164$$

$$X_2 = 0.4935797$$

$$X_3 = 0.64$$

Sehingga diperoleh BPR tiap Effect :

$$\text{BPR}_1 = 1.718582^{\circ}\text{C} = 274.8685823 \text{ K}$$

$$\text{BPR}_2 = 2.393894^{\circ}\text{C} = 275.543894 \text{ K}$$

$$\text{BPR}_3 = 3.686912^{\circ}\text{C} = 276.836912 \text{ K}$$

Kondisi Vacuum pada Effect 3 :

$$\text{Suhu Saturated Steam, } T_3 \text{ sat} = 55^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Suhu Steam Masuk, } T_{s1} = 180^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} \sum \Delta T &= T_{s1} - T_{s3 \text{ sat}} - (\text{BPR}_1 + \text{BPR}_2 + \text{BPR}_3) \\ &= 180 - 55 - (1.7185823 + 2.393894 + 3.68691) \\ &= 117.2006117^{\circ}\text{C} = 390.350612 \text{ K} \end{aligned}$$

$$\Delta T = \frac{(\sum \Delta T \times (1/U_i))}{((1/U_1) + (1/U_2) + (1/U_3))}$$

Asumsi Koefisien Overall Evaporasi :

$$U_1 = 3123 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$U_2 = 1987 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$U_3 = 1136 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$\Delta T_1 = \sum \Delta T \frac{1/U_1}{1/U_1 + 1/U_2 + 1/U_3}$$

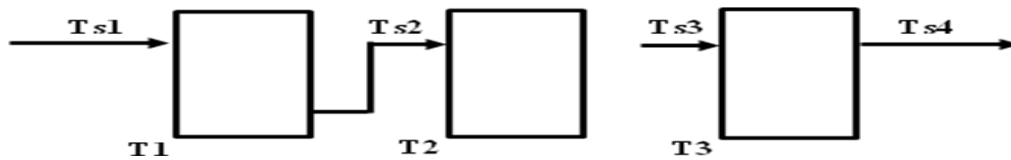
$$= 22.02672935 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_2 = \sum \Delta T \frac{1/U_2}{1/U_1 + 1/U_2 + 1/U_3}$$

$$= 34.61976637 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_3 = \sum \Delta T \frac{1/U_3}{1/U_1 + 1/U_2 + 1/U_3}$$

$$= 60.55411599 \text{ } ^\circ\text{C}$$



Perhitungan actual boiling point pada larutan untuk setiap effect :

- 1)  $T_1 = T_{s1} - \Delta T_1$   
 $= 157.97 \text{ } ^\circ\text{C}$   
 $T_{s1} = 180.00 \text{ } ^\circ\text{C}$
- 2)  $T_2 = T_1 - \text{BPR}_1 - \Delta T_2$   
 $= 121.63 \text{ } ^\circ\text{C}$   
 $T_{s2} = T_1 - \text{BPR}_1$   
 $= 156.25 \text{ } ^\circ\text{C}$
- 3)  $T_3 = T_2 - \text{BPR}_2 - \Delta T_3$   
 $= 58.69 \text{ } ^\circ\text{C}$   
 $T_{s3} = T_2 - \text{BPR}_2$   
 $= 119.24 \text{ } ^\circ\text{C}$   
 $T_{s4} = T_3 - \text{BPR}_3$   
 $= 55.00 \text{ } ^\circ\text{C}$

Diagram suhu :

Effect 1		Effect 2		Effect 3		
$T_{s1} = 180.00$	→	$T_{s2} = 156.25$	→	$T_{s3} = 119.24$	→	$T_{s4} = 55$
$T_1 = 157.97$	↘	$T_2 = 121.63$	↘	$T_3 = 58.69$	↘	

Heat capacity tiap effect :



F

Cpf : 4.19 – 2.35 (Xf)

$$C_{pf} = 3.394211$$

$$C_{p1} = 3.246047$$

$$C_{p2} = 3.030088$$

$$C_{p3} = 2.686$$

Data steam (*steam table*) :

Suhu Steam (°C)			$\Delta H_{\text{sat liquid}}$	$\Delta H_{\text{evaporation}}$	$\Delta H_{\text{sat vapor}}$
Ts <sub>1</sub>	=	180.00	2,778.20	2,014.98	763.22
Ts <sub>2</sub>	=	156.25	2,754.90	2,091.55	663.35
Ts <sub>3</sub>	=	119.24	2,708.69	2,197.92	510.78
Ts <sub>4</sub>	=	55.00	2,609.60	2,358.47	251.13

Perhitungan effect 1 :

$$\begin{aligned} H_1 &= H_{s2} \text{ (saturation enthalphy pada Ts}_2\text{)} + (1.884 \times \text{BPR}_1) \\ &= 2,754.90 + (1.884 \times 1.72) \\ &= 2,758.1344 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda s_1 &= H_{s1} \text{ (vapor saturation enthalphy pada Ts}_1\text{)} - \\ &\quad h_{s1} \text{ (liquid saturation pada Ts}_1\text{)} \\ &= 2,014.9800 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Perhitungan effect 2 :

$$\begin{aligned} H_2 &= H_{s3} \text{ (saturation enthalphy pada Ts}_3\text{)} + (1.884 \times \text{BPR}_2) \\ &= 2,708.6904 + (1.884 \times 2.39) \\ &= 2,713.2005 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda s_2 &= H_{s2} \text{ (vapor saturation enthalphy pada Ts}_2\text{)} - \\ &\quad h_{s2} \text{ (liquid saturation pada Ts}_2\text{)} \\ &= 2,094.7854 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Perhitungan effect 3 :

$$\begin{aligned} H_3 &= H_{s4} \text{ (saturation enthalphy pada Ts}_4\text{)} + (1.884 \times \text{BPR}_3) \\ &= 2,609.6000 + (1.884 \times 3.69) \\ &= 2,616.5461 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda s_3 &= H_2 - h_{s3} \\ &= 2,202.4255 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Kebutuhan steam :

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } V_1 &= 759,007.3748 - L_1 \\ V_2 &= L_1 - L_2 \\ V_3 &= L_2 - 401,601.9802 \\ L_3 &= 401,601.9802 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1) \quad F \cdot C_p (T_F - T_{\text{ref}}) + S \cdot \lambda s_1 &= L_1 \cdot C_p (T_1 - T_{\text{ref}}) + V_1 \cdot H_1 \\ 167,455,048.9369 + S \cdot 2,014.9800 &= L_1 \cdot 431.6375 + (759,007.3748 - L_1) \cdot 2,758.1344 \\ -1,925,989,308.1818 + S \cdot 2,014.9800 &= L_1 \cdot -2,326.4969 \\ 2) \quad L_1 \cdot C_p (T_1 - T_{\text{ref}}) + V_1 \cdot \lambda s_2 &= L_2 \cdot C_p (T_2 - T_{\text{ref}}) + V_2 \cdot H_2 \\ L_1 \cdot 53.4130 + (759,007.3748 - L_1) \cdot 2,094.7854 &= L_2 \cdot 292.812 + (L_1 - L_2) \cdot 2,713.2005 \\ L_1 \cdot -4,754.5729 + 1,589,957,589.2430 &= L_2 \cdot -2,420.3882 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3) \quad L_2 \cdot C_p (T_2 - T_{ref}) + V_2 \cdot \lambda s_3 &= L_3 \cdot C_p (T_3 - T_{ref}) + V_3 \cdot H_3 \\
 L_2 \cdot 292.8123 + (L_1 - L_2) \cdot 2,202.4255 &= 36,338,170.3015 + (L_2 \cdot 401,601.9802) \cdot 2,616.5461 \\
 L_1 \cdot 2,202.4255 + 1,014,471,941.7282 &= L_2 \cdot 4,526.1593
 \end{aligned}$$

Dari substitusi diperoleh hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 S &= 267,477.0022 \quad \text{kg/hari} \\
 L_1 &= 596,187.5462 \quad \text{kg/hari} \quad V_1 = 162,819.8286 \quad \text{kg/hari} \\
 L_2 &= 514,239.6487 \quad \text{kg/hari} \quad V_2 = 81,947.8974 \quad \text{kg/hari} \\
 L_3 &= 401,601.9802 \quad \text{kg/hari} \quad V_3 = 112,637.6685 \quad \text{kg/hari}
 \end{aligned}$$

Perhitungan luas evaporasi :

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= S \cdot \lambda s_1 \\
 &= 6,237,972.3362 \quad \text{W} \\
 Q_2 &= V_1 \cdot \lambda s_2 \\
 &= 3,947,599.5896 \quad \text{W} \\
 Q_3 &= V_2 \cdot \lambda s_3 \\
 &= 2,088,936.7904 \quad \text{W} \\
 A_n &= \frac{Q_n}{U_n + \Delta T_n} \\
 A_1 &= 1,983.4402 \quad \text{m}^2 \\
 A_2 &= 1,952.6914 \quad \text{m}^2 \\
 A_3 &= 1,745.7938 \quad \text{m}^2 \\
 A_{av} &= 1,893.9751 \quad \text{m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta A_n &= \frac{A_{av} - A_n}{A_{av}} \times 100\% \\
 \Delta A_1 &= 4.7237 \quad \% \\
 \Delta A_2 &= 3.1002 \quad \% \\
 \Delta A_3 &= 7.8238 \quad \% \\
 \Delta A_{av} &= 5.2159 \quad \%
 \end{aligned}$$

karena perbedaan luas  $A_1$ ,  $A_2$ , dan  $A_3$  kurang dari 10 % dari luas rata-rata maka asumsi harga  $U$

(koefisien perpindahan panas) memenuhi syarat

Perhitungan Enthalpy Panas yang Masuk

$$\begin{aligned}
 T_{out} &= 363.15 \quad \text{K} \\
 T_{ref} &= 298.15 \quad \text{K}
 \end{aligned}$$

Komponen	Kmol	T (K)	$C_p dT$	Q (kkal/hari)
$\text{Na}_3\text{PO}_4$	1,000.3381	363.15	170	170,032.4642
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	15.7334		8,671	136,424.4323
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	491.7461		1,879	923,745.0937
$\text{H}_3\text{PO}_4$	77.0353		3770	290,423.1623
NaOH	31,061.1277		103	3,214,485.0460
$\text{H}_2\text{O}$	27,887.8949		526	14,674,116.5374
Total	60,533.8755			19,409,226.7358

## Perhitungan Enthalpy Panas yang Keluar

$$T_{\text{out}} = 331.84 \text{ K}$$

$$T_{\text{ref}} = 298.15 \text{ K}$$

Komponen	Kmol	T (K)	$C_p dT$	Q (kkal/hari)
$\text{Na}_3\text{PO}_4$	1,000.3381	331.84	88	88,121.0563
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	15.7334		4,494	70,703.3515
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	491.7461		974	478,740.3028
$\text{H}_3\text{PO}_4$	77.0353		1953.8409	150,514.7617
$\text{NaOH}$	31,061.1277		75	2,331,069.3005
$\text{H}_2\text{O}$	8,032.0396		272	2,182,550.8421
Total	40,678.0203			5,301,699.6148

Menghitung panas vapor :

$$H_{\text{steam}} = S \cdot \lambda_{s1}$$

$$= 128,703,841.3915 \text{ kkal/hari}$$

$$H_{\text{vapor}} = H_3 \cdot V_3$$

$$= 70,379,531.6974 \text{ kkal/hari}$$

Neraca panas total :

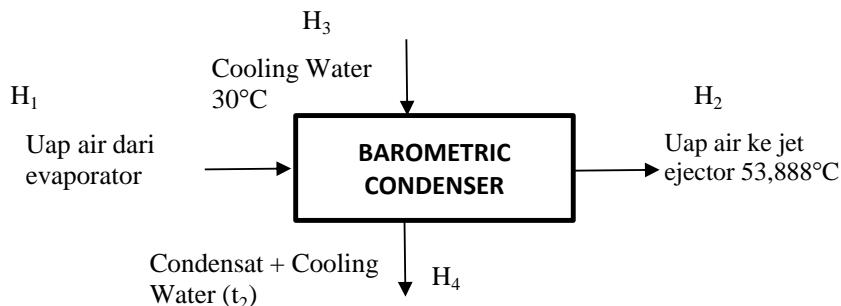
$$\text{Panas masuk} + H_{\text{steam}} = \text{Panas keluar} + H_{\text{vapor}} + Q_{\text{loss}}$$

$$Q_{\text{loss}} = 72,431,836.8151 \text{ kkal/jam}$$

**Tabel B-11** Neraca Energi pada Evaporator

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kkal/hari)	Komponen	Panas (kkal/hari)
Aliran (26)		Aliran(30)	
$\text{Na}_3\text{PO}_4$	170,032.4642	$\text{Na}_3\text{PO}_4$	88,121.0563
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	136,424.4323	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	70,703.3515
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	923,745.0937	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	478,740.3028
$\text{H}_3\text{PO}_4$	290,423.1623	$\text{H}_3\text{PO}_4$	150,514.7617
$\text{NaOH}$	3,214,485.0460	$\text{NaOH}$	2,331,069.3005
$\text{H}_2\text{O}$	14,674,116.5374	$\text{H}_2\text{O}$	2,182,550.8421
sat steam	128,703,841.3915	vapor	70,379,531.6974
		Q loss	72,431,836.8151
<b>Total</b>	<b>148,113,068.1273</b>	<b>Total</b>	<b>148,113,068.1273</b>

### 11. Barometric Kondensor (E-342)



$$\begin{aligned}
 \text{Massa uap air} &= 112,637.6685 \text{ kg} \\
 H_V \text{ pada } T=55^\circ\text{C} &= 2600.9 \text{ kJ/kg} \\
 H_1 &= V \times H_V \\
 &= 112637.6685 \times 2600.9 \\
 &= 292959312 \text{ kJ} \\
 &= 70310234.89 \text{ kcal}
 \end{aligned}$$

Asumsi 20% uap air yang lolos (*Kern, p:616*)

$$\begin{aligned}
 \text{massa uap air keluar kondensor} &= 22527.5337 \text{ kg} \\
 H_2 &= m_{\text{uap}} \times H_V \\
 &= 22527.5337 \times 2600.9 \\
 &= 58591862.41 \text{ kJ} \\
 &= 14062046.98 \text{ kcal}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_3 &= m_{\text{CW}} \int c_p dt \int 1_{-298}^{303} \left[ \frac{1}{T} \right] dt \\
 &= m_{\text{CW}} \\
 &= m_{\text{CW}} \times 2.2360 \text{ kcal/kg}
 \end{aligned}$$

Menentukan  $t_2$

$$T_V - T_2 = (0,1 + 0,02 a) \times (T_V - T_1) \quad (E. Hugot, p:866)$$

Dimana : a = perbandingan udara dalam uap (% berat)

$$a = 0,5 \% - 2\%$$

Diambil  $a = 0,5\% = 0,005$

$$\begin{aligned}
 T_V - T_2 &= (0,1 + 0,02 a) \times (T_V - T_1) \\
 55,00 - T_2 &= (0,1 + 0,02 (0,005)) \times (55 - 30) \\
 55 - T_2 &= 2,5025 \\
 T_2 &= 52,4975
 \end{aligned}$$

Uap yang terkondensasi sebesar 80%

$$\text{Massa uap air} = 90110.13 \text{ kg}$$

$$h_L \text{ pada } T=55^\circ\text{C} = 230.23 \text{ kJ/kg} = 55.2552 \text{ kcal/kg}$$

$$\begin{aligned}
 H_4 &= m \times h_L + m \int c_p dt + m_{\text{CW}} \int c_p dt \\
 &= 90110.13 \times 55.2552 + m \int c_p dt + m_{\text{CW}} \int c_p dt \\
 &= 4979053.521 + 90110.1 \int c_p dt + m_{\text{CW}} \\
 &= 4979053.521 + 90110.1 \times 6.71542786 + m_{\text{CW}} \times 8.9490 \\
 &= 4979053.521 + 605128 + m_{\text{CW}} \times 8.949 \\
 &= 5584181.631 + m_{\text{CW}} \times 8.9490
 \end{aligned}$$

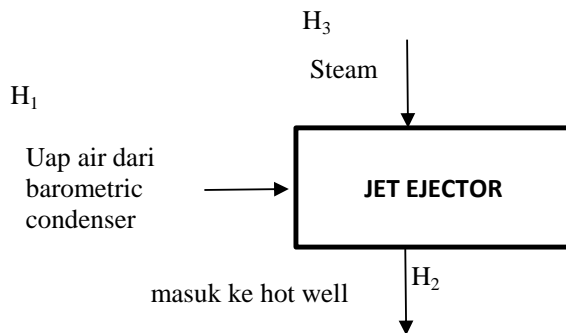
### Neraca Panas

$$\begin{aligned}
 H_1 + H_3 &= H_2 + H_4 \\
 H_2 - H_1 &= H_3 - H_4 \\
 14062047 - 70310235 &= (m_{\text{CW}} \times 2.236) - (5584182 + m_{\text{CW}} \times 8.949) \\
 -56248187.91 &= m_{\text{CW}} \times (2.236 - 8.949) - 5584181.6 \\
 -50664006.28 &= m_{\text{CW}} \times (-6.7130)
 \end{aligned}$$

$$m_{CW} = 7547148.262 \text{ kg}$$

**Tabel B-12** Neraca Energi pada Barometric Kondensor

$Q_{in} \text{ (kcal)}$			$Q_{out} \text{ (kcal)}$		
$H_1$		70310234.891	$H_2$		14062046.9782
$H_3$		16875423.51	$H_4$		73123611.43
Total		87185658.404	Total		87185658.404

**12. STEAM JET EJECTOR**

Asumsi : kapasitas suction jet ejector berasal dari udara yang terikut pada cooling water yang diinjeksikan pada barometric condenser dan udara dari leakage. Berdasarkan Ludwig, Fig. 6-22 (p:368) diketahui pada suhu cooling water, = 30°C (87°F), udara yang terikut adalah = 10 lbs udara/ jam/ 1000 gpm water. Jumlah air pendingin yang masuk barometric condenser =

$$\begin{aligned}
 & \frac{7547148 \text{ kg}}{\text{jam}} \times \frac{1 \text{ jam}}{60 \text{ mnt}} \\
 &= \frac{125785.8 \text{ kg}}{\text{mnt}} \times \frac{1 \text{ m3}}{995.68 \text{ kg}} \\
 &= 126.3316 \text{ m3/menit} \\
 &= 33373.01 \text{ gpm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah udara yang terikut} &= \frac{10 \text{ lbs udara/jam}}{1000 \text{ gpm}} \times 33373.01 \text{ gpm} \\
 &= 333.73 \text{ lbs udara / jam} \\
 &= 151.377 \text{ kg udara/jam}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan Ludwig (p: 368), air leakage untuk

$$\begin{aligned}
 P = 15 \text{ kPa} \quad (4.429468 \text{ in Hg}) &= 25 \text{ lbs/jam} \\
 &= 11.3 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total udara yang masuk jet ejector} &= 151.376624 + 11.3 \\
 &= 162.7 \text{ kg/jam} \\
 &= 358.7245 \text{ lb/jam}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan Ludwig, Fig. 6-25 (p:372),

pada suction pressure 4,429173 inHg (102,5203 mmHg)

kebutuhan steam sebesar = 5 lbs steam/ lb udara pada 100 psig (689,476 kPa)

$$\text{Total steam yang digunakan} = \frac{5 \text{ lbs steam}}{\text{lb udara}} \times 358.7245 \text{ lb udara/jam}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{lb udara} \\
 & = 1793.6226 \text{ lb steam/jam} \\
 & = 813.56927 \text{ kg steam/jam} \\
 \text{Hv steam pada 689,476 kPa} & = 2762.78 \text{ kJ/kg} \\
 \text{Maka enthalpy steam} & = 358.7245 \text{ kg} \times 2762.78 \text{ kJ/kg} \\
 & = 991076.92387 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

Steam yang digunakan adalah saturated steam pada  $T=180^\circ\text{C}$   $P=1002,1 \text{ kPa}$

$$\begin{aligned}
 \text{Hv steam pada 1002,1 kPa} & = 2778.2 \text{ kJ/kg} \\
 \text{Maka kebutuhan steam untuk jet ejector} & = \frac{991076.92387 \text{ kJ}}{2778.2 \text{ kJ/kg}} \\
 & = 356.733469 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_1 & = H_{\text{udara masuk jet ejector}} \\
 & = m \text{ Cp } \Delta T \\
 & = 162.7 \times 1.0048 \times (303 - 298) \\
 & = 817.4871 \text{ kJ} \\
 H_2 & = H_{\text{steam masuk jet ejector}} \\
 & = m \times \lambda \\
 & = 356.7335 \times 1940.75 \\
 & = 692330.4802 \text{ kJ} \\
 H_3 & = H_{\text{udara}} + H_{\text{condensat}} \\
 & = m \text{ Cp } \Delta T + m \text{ Cp } \Delta T \\
 & = 162.7 \times 1.0048 \times (T - 25) + 356.7335 \times 4.182 \times (T - 25) \\
 & = 161.7116 (T - 25) + 1491.86 (T - 25) \\
 & = 1653.5709 (T - 25)
 \end{aligned}$$

### Heat Balance

$$\begin{aligned}
 H_1 + H_3 & = H_2 \\
 817.487 + 1653.571 (T - 25) & = 692330.48 \\
 817.487 + 1653.571 T - 41339.27354 & = 692330.5 \\
 1653.571 T & = 732852.267 \\
 T & = 443.193726 = 170.0437
 \end{aligned}$$

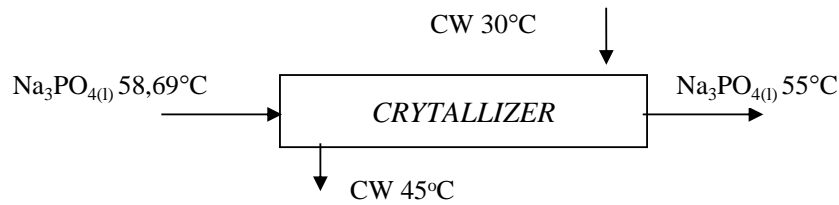
$$\begin{aligned}
 H_3 & = H_{\text{udara}} + H_{\text{condensat}} \\
 & = 1653.5709 (T - 25) \\
 & = 1653.5709 \times (443.1937 - 25) \\
 & = 691512.9931
 \end{aligned}$$

**Tabel B-13** Neraca Energi pada Jet Ejector

$Q_{\text{in}} \text{ (kcal)}$			$Q_{\text{out}} \text{ (kcal)}$		
$H_1$		817.487	$H_2$		692330.4802
$H_3$		691512.9931			
Total		692330.480	Total		692330.480

### 13. Crystallizer (X-350)

Fungsi : Pembentukan kristal trinatrium fosfat.



## Perhitungan Enthalpy Panas yang Masuk

$$T_{\text{out}} = 331.84 \text{ K}$$

$$T_{\text{ref}} = 298.15 \text{ K}$$

Komponen	Kmol	T (K)	C <sub>p</sub> dT	Q (kkal/hari)
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1,000.3381	331.84	88	88,121.0563
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	15.7334		4,494	70,703.3515
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	491.7461		974	478,740.3028
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	77.0353		1953.8409	150,514.7617
NaOH	31,061.1277		75	2,331,069.3005
H <sub>2</sub> O	8,032.0396		272	2,182,550.8421
Total	40,678.0203			5,301,699.6148

## Perhitungan Enthalpy Panas yang Keluar

$$T_{\text{out}} = 328.15 \text{ K}$$

$$T_{\text{ref}} = 298.15 \text{ K}$$

Komponen	Kmol	T (K)	C <sub>p</sub> dT	Q (kkal/hari)
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1,000.3381	328.15	78	78,476.5219
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	15.7334		4,002	62,965.1226
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	491.7461		867	426,343.8894
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	77.0353		1740	134,041.4595
NaOH	31,061.1277		71	2,190,017.6134
H <sub>2</sub> O	8,032.0396		242	1,942,879.8753
Total	40,678.0203			4,834,724.4821

## Perhitungan panas kristalisasi (Qc) :

$$\Delta H_f \text{ Na}_3\text{PO}_4 = -457 \text{ kkal/mol (Perry's, Table 2-220)}$$

$$\begin{aligned} Q_c \text{ Na}_3\text{PO}_4 &= n \cdot \Delta H_f \\ &= 1,000.3381 \times -457.0 \\ &= -457,154.5000 \text{ kkal/hari} \end{aligned}$$

$$\Delta H_f \text{ H}_2\text{O} = -45.16 \text{ kJ/gmol (Himmelblau, Appendiks D)}$$

$$\begin{aligned} Q_c \text{ H}_2\text{O} &= n \cdot \Delta H_f \\ &= 8,032.0396 \times -45.1600 \\ &= -362,726.9085 \text{ kkal/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_c &= Q_c \text{ Na}_3\text{PO}_4 + Q_c \text{ H}_2\text{O} \\ &= -819,881.4085 \text{ kkal/hari} \end{aligned}$$

Kebutuhan air pendingin :

$$\begin{aligned}
 \text{Suhu air pendingin masuk} &= 303.15 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 \text{Suhu air pendingin keluar} &= 318.15 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 Q_{\text{masuk}} + Q &= Q_{\text{keluar}} + Q_c \\
 Q &= Q_{\text{keluar}} + Q_c - Q_{\text{masuk}} \\
 &= -1,286,856.5412 \text{ kkal/hari} \\
 &= 1286856.541
 \end{aligned}$$

**Kebutuhan air pendingin**

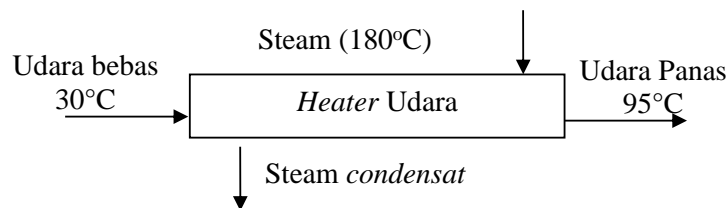
$$\begin{aligned}
 \text{Suhu air pendingin masuk} &= 303.15 \text{ K} & 298.15 \\
 \text{Suhu air pendingin keluar} &= 318.15 \text{ K} \\
 \text{Cp air pendingin} &= 120.8777015 \text{ Kkal/kmolK} \\
 &= 6.71542786 \text{ Kkal/kgK} \\
 Q_{\text{serap}} &= m \cdot c_p \cdot \Delta T \\
 m_{\text{air pendingin}} &= 191626.8878 \text{ Kg/hari}
 \end{aligned}$$

**Tabel B-14** Neraca Energi pada *Crytallizer*

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kkal/hari)	Komponen	Panas (kkal/hari)
Aliran (30)		Aliran(33)	
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	88,121.0563	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	78,476.5219
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	70,703.3515	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	62,965.1226
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	478,740.3028	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	426,343.8894
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	150,514.7617	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	134,041.4595
NaOH	2,331,069.3005	NaOH	2,190,017.6134
H <sub>2</sub> O	2,182,550.8421	H <sub>2</sub> O	1,942,879.8753
		Q <sub>c</sub>	-819,881.4085
H <sub>2</sub> O pendingin in		Q <sub>serap</sub>	1,286,856.5412
<b>Total</b>	5,301,699.6148	<b>Total</b>	5,301,699.6148

**14. Heater Udara (E-362)**

Fungsi : Memanaskan udara untuk digunakan dalam rotary dryer



Panas aliran masuk Heater

**a. Menghitung entalpi masuk (H<sub>in</sub>)**

Udara

$$\begin{aligned}
 T_{\text{in}} &= 303.15 \text{ } ^\circ\text{K} \\
 T_{\text{ref}} &= 298.15 \text{ } ^\circ\text{K} \\
 \text{Cp larutan masuk} &= 1.0048 \text{ kJ/kg K} &= 0.2401 \text{ Kcal/Kg K} \\
 \text{massa larutan masuk} &= 500805.15 \text{ Kg/hari} \\
 H_{\text{in}} &= m \times \text{Cp} \times \Delta T \\
 &= 500805.15 \times 0.2401 \times (303.15 - 298.15) \\
 &= 500805.1535 \times 0.2401 \times 5
 \end{aligned}$$



$$= 601216.5867 \text{ kkal/hari}$$

**Tabel B.1** Perhitungan Enthalpy Panas yang Masuk

Komponen	Massa	T (K)	C <sub>p</sub> dT	Q (kkal/hari)
Udara	500,805.1535	303.15	1.20	601,216.5867
Total	500,805.1535			601,216.5867

## b. Menghitung entalpi keluar (Hout)

Udara

$$T_{\text{out}} = 368.15 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$T_{\text{ref}} = 298.15 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$C_p \text{ larutan keluar} = 1.009 \text{ kJ/kg K} = 0.2411 \text{ Kcal/Kg K}$$

$$\text{massa larutan keluar} = 500805.15 \text{ Kg/hari}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{out}} &= m \times C_p \times \Delta T \\ &= 500805.15 \times 1.009 \times (368.15 - 298.15) \\ &= 500805.1535 \times 1.009 \times 70 \\ &= 35371867.99 \text{ kkal/hari} \end{aligned}$$

Perhitungan Enthalpy Panas yang Keluar

Komponen	Massa	T (K)	C <sub>p</sub> dT	Q (kkal/hari)
Udara	500,805.1535	368.15	71	35,371,867.9891
Total	500,805.1535			35,371,867.9891

Menghitung kebutuhan steam

$$\Delta H_{\text{in}} + Q_{\text{supply}} = \Delta H_{\text{out}} + Q_{\text{loss}}$$

$$\Delta H_{\text{in}} + Q_{\text{supply}} = \Delta H_{\text{out}} - 0.5 Q_{\text{supply}}$$

$$0.95 Q_{\text{supply}} = 35,371,867.9891 - 601,216.5867$$

$$Q_{\text{supply}} = 36,600,685.6867 \text{ kkal/hari}$$

$$Q_{\text{loss}} = 1,830,034.2843 \text{ kkal/hari}$$

oleh karena itu membutuhkan fluida panas yang berfungsi sebagai pemanas yaitu *saturated steam* pada *steam table* dengan kondisi :

$$\text{Temperature} = 453.15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Tekanan} = 1 \text{ atm}$$

$$H_v = 663.56167 \text{ kkal/kg}$$

$$H_i = 182.29197 \text{ kkal/kg}$$

$$\lambda_{\text{steam}} = H_v - H_i$$

$$= 663.56167 - 182.29197$$

$$= 481.2697 \text{ kkal/kg}$$

Menghitung massa steam

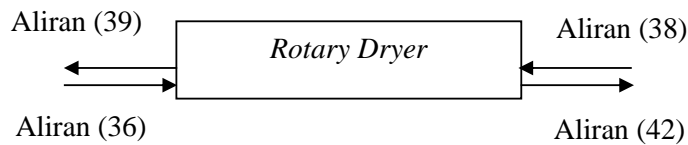
$$\text{massa steam} = \frac{Q_{\text{supply}}}{\lambda_{\text{steam}}}$$

$$= \frac{36,600,685.6867}{481.2697}$$

$$= 76050.25973 \quad \text{Kg/hari}$$

**Tabel B-15** Neraca Energi pada *Heater* Udara

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kkal/hari)	Komponen	Panas (kkal/hari)
Aliran (37)		Aliran (38)	
Udara	601,216.5867	Udara	35,371,867.9891
Q supply	36,600,685.6867	Qloss	1830034.284
<b>Total</b>	<b>37,201,902.2734</b>	<b>Total</b>	<b>37,201,902.2734</b>

**15. Rotary Dryer (B-360)**

Dasar perhitungan :

1.  $C_p$  solid =  $c_p$  trinitrium fosfat (diasumsikan konstan)
2. Panas hilang (Q loss) = kurang lebih 5% dari panas masuk
3. Udara panas masuk pada suhu  $95^\circ\text{C}$  dan relative humidity 2%

$$TG_2 = 95 \quad ^\circ\text{C}$$

Dari Humidity Chart diperoleh :

Humidity udara masuk ( $H_2$ )

$$H_2 = 0.085 \quad \text{kg H}_2\text{O/kg udara kering}$$

(figure 9.3-2 Geankoplis)

4. Untuk Rotary Dryer, harga  $N_t$  yang ekonomis berkisar antara 1,5 sampai 2,5 sehingga diambil  $N_t = 2$
5. Dari Humidity Chart untuk  $TG_2 = 95^\circ\text{C}$  dengan

$H_2 = 0,085 \text{ kg H}_2\text{O/kg udara kering}$

$$TG_2 = 53 \quad ^\circ\text{C}$$

$$N_t = \frac{\ln(TG_2 - T_w)}{(TG_1 - T_w)}$$

$$2 = \frac{3.737669618}{TG_1 - 53}$$

$$TG_1 = 54.86883481 \quad ^\circ\text{C}$$

6. Rate solid masuk ( $L_s$ ) = 105017.6224 Kg
7. Suhu masuk solid ( $T_{s1}$ ) = 55  $^\circ\text{C}$
8. Suhu solid keluar ( $T_{s2}$ ) = 85  $^\circ\text{C}$
9. Kapasitas panas solid  $C_{ps}$  = 2.615 Kkal/KgK
10. Kapasitas udara  $C_{pa}$  = 1.00142 Kkal/KgK

11. Suhu referen ( $T_0$ )	=	25	$^{\circ}\text{C}$
12. Panas latent	=	583.2236	Kkal/KgK

$$X_1 = \frac{\text{Massa H}_2\text{O}}{\text{Massa Feed kering}}$$

$$= \frac{4921.663326}{98510.81455}$$

$$= 0.04996064 \quad \text{kg H}_2\text{O /kg solid kering}$$

13. Kadar air dalam produk keluar : 1%

$$X_2 = 0.01 \quad \text{kg H}_2\text{O/kg solid kering}$$

$$\begin{aligned} G \cdot H_2 + L_s \cdot X_1 &= G \cdot H_1 + L_s \cdot X_2 \\ 0.085 \quad G + 5246.748 &= G \cdot H_1 + 1050.176224 \\ 0.085 \quad G + 4196.571 &= G \cdot H_1 \\ G \cdot H_1 &= 4196.5714 + 0.085 \quad G \dots (1) \end{aligned}$$

Komponen Masuk

Entalpi udara panas masuk :

$$H'_{G_2} = C_s (T_{G_2} - T_0) + H_2 \cdot \lambda_0$$

(Pers. 9.10-23 Geankoplis 3rd edition, p. 562)

$$\begin{aligned} H'_{G_2} &= (1,005 + 1,88 H_2) (T_{G_2} - T_{\text{ref}}) + (0,085 \times 583,22) \\ &= (1,005 + 1,88 [0,085]) (95 - 25) + 49.6 \\ &= 81.536 + 49.574006 \end{aligned}$$

$$= 131.11 \quad \text{kcal/kg udara kering}$$

Entalpi feed masuk :

$$H'_{s1} = C_{ps} (T_{s1} - T_{\text{ref}}) + X_1 C_{pA} (T_{s1} - T_{\text{ref}})$$

(Pers. 9.10-25 Geankoplis 3rd edition, p. 562)

$$\begin{aligned} H'_{s1} &= 2.615 (55-25) + (0,0378 \times 1,00142)(55-25) \\ &= 78.45 + 1.50095 \\ &= 79.95095 \quad \text{kcal/kg solid kering} \end{aligned}$$

Entalpi udara panas keluar :

$$H'_{G_2} = C_s (T_{G_2} - T_0) + H_2 \cdot \lambda_0$$

(Pers. 9.10-23 Geankoplis 3rd edition, p. 562)

$$\begin{aligned} H'_{G1} &= (1,005 + 1,88 H_1) (T_{G1} - T_{\text{ref}}) + (H_1 \times 583,22) \quad H_1 \\ &= (1,005 + 1,88 [H_1]) (54,86 - 25) + 583 \\ &= 55.14318 + 56.1534 H_1 + 583.2236 H_1 \end{aligned}$$

$$= 55.14318 + 639.3770094 H_1$$

Entalpi feed masuk :

$$H'_{s2} = C_{ps} (T_{s2} - T_{ref}) + X_2 C_{pA} (T_{s2} - T_{ref})$$

(Pers. 9.10-25 Geankoplis 3rd edition, p. 562)

$$\begin{aligned} H'_{s1} &= 2.615 (85-25) + (0,01 \times 1,00142)(85-25) \\ &= 156.9 + 0.60085 \\ &= 157.5009 \text{ kcal/kg solid kering} \end{aligned}$$

Komponen Keluar

Entalpi udara keluar :

$$\begin{aligned} G \cdot H'G_2 + L_s \cdot H's_1 &= G \cdot H'G_1 + L_s \cdot H's_2 + Q (0) \\ 131.11 G + 8396258 &= G (55,143+639,377H_1) + 16540365 G H_1 \\ 131.11 G + -8144107 &= 55.1432 G + 639.3770094 \\ 75.9668 G - 8144107 &= 639.3770094 G H_1 \\ 0.11881 G - 12737.6 &= G H_1 \quad \dots\dots(2) \end{aligned}$$

Neraca Panas Rotary Dryer

Substitusi persamaan (1) ke persamaan (2), maka diperoleh hasil :

$$\begin{aligned} 4196.57 + 0.085 G &= G \cdot H_1 \\ -12737.6 + 0.118814 G &= G H_1 - \\ \hline 16934.1 + -0.03381 G &= 0 \\ 0.033814 G &= 16934.13696 \\ G &= 500805.1535 \text{ kg dry air/hari} \\ H_1 &= 0.093379649 \text{ kg H}_2\text{O/kg dry air} \end{aligned}$$

**Perhitungan panas masuk :**

$$\begin{aligned} \text{Panas feed} &= L_s \cdot Hs_1 \\ &= 105017.6224 \times 79.95094752 \\ &= 8396258.417 \text{ kkal/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panas udara} &= G \cdot HG_2 \\ &= 500805.1535 \times 131.110006 \\ &= 65660566.68 \text{ kkal/hari} \end{aligned}$$

**Perhitungan panas keluar :**

$$\begin{aligned} \text{Panas feed} &= L_s \cdot Hs_1 \\ &= 105017.6224 \times 79.95094752 \\ &= 8396258.417 \text{ kkal/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panas udara} &= G \cdot HG_1 \\ &= 500805.1535 \times 114.8479797 \\ &= 57516460.09 \text{ kkal/hari} \end{aligned}$$

**Neraca panas total :**

$$\begin{aligned} \text{Panas masuk} &= \text{Panas keluar} + Q \text{ loss} \\ Q \text{ loss} &= 74056825.09 - 65912718.51 \end{aligned}$$

$$= 8144106.586$$

**Tabel B-16** Neraca Energi pada *Rotary Dryer*

Masuk		Keluar	
Komponen	Panas (kkal/hari)	Komponen	Panas (kkal/hari)
Aliran (36)		Aliran (42)	
Q produk	8,396,258.4174	Q produk	8,396,258.4174
Q udara	65,660,566.6754	Q udara	57,516,460.0890
		Q loss	8,144,106.5864
<b>Total</b>	74,056,825.0928	<b>Total</b>	74,056,825.0928

## APPENDIKS C SPESIFIKASI ALAT

Kapasitas pabrik = 36000 ton/tahun  
                               = 4545.4545 kg/jam  
 Kondisi operasi = 330 hari/tahun ; 24 jam/hari  
 Satuan massa = kg  
 Basis waktu = 1 hari

### 1. BIN PENYIMPANAN $\text{Na}_2\text{CO}_3$ (F-211)

Fungsi : Untuk menyimpan natrium hidroksida sebagai bahan baku pembuatan trisodium fosfat

Jumlah : 1 buah

Bentuk : Silinder tegak dengan tutup atas flat head dan tutup bawah berbentuk konis

Kondisi operasi:

Temperatur, T =  $30^\circ\text{C}$   
 Tekanan, P = 1 atm = 14.7 psi  
 Waktu tinggal, t = 1 jam  
 Rate massa, F = 4834.25 kg/jam  
                               = 10657.5876 lb/jam  
 Densitas,  $\rho$  = 2.54 gram/cm<sup>3</sup> = 158.5667 lb/ft<sup>3</sup>  
 Rate volumetrik ( $v_0$ ) =  $\frac{\text{rate massa}}{\text{densitas}}$   
                                       =  $\frac{10657.5876}{158.5667}$   
                                       = 67.2120 ft<sup>3</sup>/jam

Volume bahan, V = rate volumetric x waktu tinggal  
                               = 67.2120 x 1 jam  
                               = 67.2120 ft<sup>3</sup>

Bahan akan menempati 80% volume tangki

Volume tangki = volume fluida : 80%  
                               = 67.2120 : 0.8  
                               = 84.0150 ft<sup>3</sup>

**Menentukan dimensi tangki**

Perbandingan H/D = 2 (*ulrich: tabel 4-27*)

Tutup bawah berbentuk konis dengan sudut  $\alpha = 30^\circ$

$$\begin{aligned}\text{Volume tangki (Vs)} &= \frac{\mu \times D^2 \times H}{4} \\ &= \frac{\mu \times D^2 \times 2D}{4} \\ &= 1.57 D^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume konis (Vk)} &= \frac{0.131 D^3}{\frac{\tan \alpha}{\tan 30}} \\ &= 0.2269 D^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_t &= V_s + V_h + V_k \\ 84.0150 &= (1.57 + 0 + 0.2269) D^3 \\ 84.0150 &= 1.7969 D^3 \\ D^3 &= 46.7556 \text{ ft}^3 \\ D &= 3.5979 \text{ ft} = 43.1753 \text{ in} \\ H &= 7.1959 \text{ ft} = 86.3507 \text{ in}\end{aligned}$$

**Menentukan shell:**

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk cylindrical tank:

$$t_{\min} = \frac{P \times r_i}{fE - 0.6P} + C \quad (\text{Brownell, pers 13-1, hal.254})$$

dimana:

$$\begin{aligned}t_{\min} &= \text{tebal shell minimum; in} \\ P &= \text{tekanan tangki; psi} \\ r_i &= \text{jari-jari tangki; in (1/2D)} \\ C &= \text{faktor korosi; in} \\ E &= \text{faktor pegelasan, digunakan double welded;} \\ &E = 0.8 \\ f &= \text{stress allowable, bahan konstruksi Carbon} \\ &\text{steel SA-283 grade C, maka } f = 12650 \text{ psi} \\ &(\text{Brownell, T.13-1}) \\ P_{\text{operasi}} &= 1 \text{ atm} = 14.7 \text{ Psi}\end{aligned}$$

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned}\text{Tekanan hidrostatik} &= \frac{\rho H}{144} \\ &= \frac{158.5667 \times 7.1959}{144} \\ &= 7.9238 \text{ psi}\end{aligned}$$

P design diambil 10% lebih besar dari P total untuk faktor keamanan.

$$\begin{aligned}\text{Tekanan desain (Pd)} &= 1.2 \times P \text{ Hidro} \\ &= 1.2 \times 7.9238 \text{ psi} \\ &= 9.5086 \text{ psi}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R &= \frac{1}{2} D \\ &= \frac{1}{2} \times 43.1753 = 21.5877 \text{ in}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t_{\min} &= \frac{9.5086 \times 21.5877}{(12650 \times 0.80) - (0.6 \times 9.5086)} + 0.125 \\ &= 0.1453 \text{ in (dipakai tebal standart 3/16 in)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{OD} &= \text{ID} + 2t_{\text{sylinder}} \\ &= 43.1753 + (2 \times 3/16) \\ &= 43.5503 \text{ in}\end{aligned}$$

Distandardkan menurut ASME, OD = 42 in

### Menentukan tebal tutup bawah

Bentuk tutup bawah berupa conical dengan  $\alpha = 30^\circ$

$$\begin{aligned}t_{\text{konis}} &= \frac{P \times D}{2 \cos \alpha (f.E - 0.6P)} + C \\ &= \frac{(9.5086) \times (43.1753)}{2 \cos 30 (12650 \times 0.8) - (0.6 \times 9.5086)} + 0.125 \\ &= 0.0234 + 0.125 \text{ in} \\ &= 0.1484 \text{ in} \\ &\text{(dipakai tebal standar 3/16 in)}\end{aligned}$$

### Menentukan tebal tutup (datar)

$$\begin{aligned}\text{Tebal tutup datar, } t_h &= C \times D_i \times \sqrt{P} \\ &= 0.45 \times 3.5979 \times \sqrt{0.0120} \\ &= 0.1776 \text{ in} \\ &\text{(dipakai tebal standart 3/16 in)}\end{aligned}$$



## 2. BELT CONVEYOR (J-212)

Fungsi : Untuk mengangkut  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dari bin ke bucket elevator

Type : *Troughed belt on 45° idlers with rolls equal length*

Kondisi Operasi: Tekanan = 1 atm

Temperatur = 30°C

Laju alir massa = 4834.25 kg/jam

### Dasar Perancangan:

Rate Massa = 4834.25 kg/jam

Bulk Density = 65 lb/cuft (table 21-4 perry)

= 1041.2025 kg/m<sup>3</sup>

Rate Volumetrik =  $\frac{4834.25}{1041.2025}$

= 4.6429 m<sup>3</sup>/jam

Untuk belt conveyor kapasitas (<32ton/jam),  
spesifikasi (*perry, 1997*)

Lebar Belt = 35 cm

Cross Sectional Area of Load = 0.01 m<sup>2</sup>

Kecepatan Belt = 30.5 m/min

Belt Plies = 3 min ; 5 max

Ukuran Lump Maksimum = 51 mm

Daya Angkat = 0.34 hp / 3.05 m

Daya Pusat = 0.44 hp / 30.48 m

Daya Tambahan untuk Tripper = 2 hp

### Perhitungan:

Untuk keamanan 20%, maka:

Kapasitas = 1.2 x 4834.25

= 5801.1 kg/jam

= 5.8011 ton/jam

Dengan kapasitas 5.80 ton/jam, maka:

Kecepatan Belt =  $\frac{5.80}{32} \times 30.5$

= 5.5292 m/min

### Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned}\text{Daya Angkat} &= \frac{20}{100} \times \frac{0.34 \text{ hp}}{3.05} \times 10 \text{ m} \\ &= 0.2230 \text{ hp}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Daya Pusat} &= \frac{20}{100} \times \frac{0.44 \text{ hp}}{30.48} \times 10 \text{ m} \\ &= 0.0289 \text{ hp}\end{aligned}$$

$$\text{Daya Tambahan untuk Tripper} = 2 \text{ hp}$$

$$\text{Daya Total} = 2.2518 \text{ hp}$$

Effisiensi motor 80%, maka:

$$\text{Power Motor} = 1.8015 \text{ hp} = 2 \text{ hp}$$

#### Spesifikasi:

Fungsi = Untuk mengangkat  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dari bin ke bucket elevator

Type: *Troughed belt on 45° idlers with rolls equal length*

$$\text{Ukuran Lump Max.} = 51 \text{ mm}$$

$$\text{Kapasitas} = 5801.1 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Bahan Konstruksi} = \text{Karet}$$

$$\text{Panjang} = 10 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan} = 10^\circ$$

$$\text{Cross Sectional Area} = 0.01 \text{ m}^2$$

$$\text{Lebar Belt} = 35 \text{ cm}$$

$$\text{Kecepatan Belt} = 5.5292 \text{ m/min}$$

$$\text{Power Motor} = 2 \text{ hp}$$

$$\text{Jumlah} = 1 \text{ unit}$$

### 3. BUCKET ELEVATOR (J-213)

Fungsi : Untuk mengangkat  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dari belt conveyor ke tangki pengenceran

Type : *Bucket elevator for continuous buckets on chain*

$$\text{Kondisi Operasi: Tekanan} = 1 \text{ atm}$$

$$\text{Temperatur} = 30^\circ\text{C}$$

$$\text{Laju alir massa} = 4834.25 \text{ kg/jam}$$

#### Dasar Perancangan:

$$\text{Rate Massa} = 4834.25 \text{ kg/jam}$$

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned}\text{Bulk Density} &= 65 \text{ lb/cuft (table 21-4 perry)} \\ &= 1041.2025 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Rate Volumetrik} &= \frac{4834.25}{1041.2025} \\ &= 4.6429 \text{ m}^3/\text{jam}\end{aligned}$$

Untuk bucket elevator kapasitas 14 ton/jam,  
spesifikasi (perry, 1997):

$$\begin{aligned}\text{Ukuran Bucket} &= 6 \times 4 \times 4 \frac{1}{4} \text{ in} \\ \text{Bucket Spacing} &= 12 \text{ in} \\ \text{Elevator Center} &= 25 \text{ ft} \\ \text{Head Shaft} &= 43 \text{ rpm} \\ \text{Power Head Shaft} &= 1 \text{ hp} \\ \text{Power Tambahan} &= 0.02 \text{ hp}\end{aligned}$$

### Perhitungan:

Asumsi waktu tinggal selama 5 jam, maka:

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas} &= \text{Rate Massa} \times \text{Waktu Tinggal} \\ &= 4834.25 \times 5 \\ &= 24171.25 \text{ kg}\end{aligned}$$

Untuk keamanan 20%, maka:

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas} &= 1.2 \times 24171.25 \\ &= 29005.5 \text{ kg} \\ &= 29.0055 \text{ ton}\end{aligned}$$

Dengan kapasitas 29 ton, maka:

$$\begin{aligned}\text{Head Shaft} &= \frac{29}{14} \times 43 \\ &= 89.0883 \text{ rpm} \\ \text{Power Head Shaft} &= \frac{29}{14} \times 1 \\ &= 2.0718 \text{ hp} \\ \text{Power Tambahan} &= 0.02 \text{ hp} \\ \text{Power Total} &= 2.0718 + 0.02 \\ &= 2.0918 \text{ hp}\end{aligned}$$

Effisiensi motor 80%, maka:

$$\text{Power Motor} = 2.6148 \text{ hp} = 3 \text{ hp}$$

**Spesifikasi:**

Fungsi = Untuk mengangkut  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  dari belt conveyer ke tangki pengenceran

Kapasitas = 29005.5 kg/5jam

Bahan Konstruksi = Carbon Steel

Ukuran Bucket = 6 x 4 x 4 ¼ in

Bucket Spacing = 12 in

Tinggi Elevator = 25 ft

Power Motor = 3 hp

Jumlah = 1 unit

**4. TANGKI PELARUTAN  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (M-214)**

Fungsi : Melarutkan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  padat dengan menggunakan air menjadi 30%

Type : silinder tegak, tutup dished head, bagian bawah dished head

Bahan konstruksi: Stainless steel, type 316, grade A (SA-202)

Sistem operasi : Kontinyu

Jumlah : 1 buah

$\mu$  air ( $T = 30^\circ\text{C}$ ) = 0.8007 cp  
= 2.88 kg/m.jam

$\rho$  reff ( $25^\circ\text{C}$ ) = 997.08 kg/m<sup>3</sup>

Rate aliran masuk= 15952.9689 kg/jam  
= 15.9530 ton/jam

**Tabel C.1** Densitas campuran (natrium karbonat dan air)

Komponen	Rate (Kg/jam)	X	s.g	P	Volume (m <sup>3</sup> /jam)	$\mu$ (kg/m.jam)
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	4785.8908	0.99	2.547	2540	1.8842	7.3216
Air	11167.0783	0.01	1.002	1000	11.1671	2.8825
Total	15952.9689				13.0513	

$$\rho \text{ campuran} = \frac{\sum m_i}{\sum v_i} = 1222.3291 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu \text{ campuran} = 7.2106 \text{ kg/m.jam} = 0.0020 \text{ kg/m.s}$$

$$\text{Volume larutan} = 13.0513 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Banyak tangki} &= 1 \text{ buah} \\ \text{Vol. larutan (V}_L) &= 13.0513 \text{ m}^3 \\ \text{Vol. larutan (V}_L) &= 80\% \times \text{Volume tangki} \\ \text{Vol. tangki (V}_T) &= \frac{100}{80} \times 13.0513 \\ &= 16.3141 \text{ m}^3\end{aligned}$$

**Menentukan dimensi tangki:**

Tangki berupa silinder tegak dengan tutup atas dan bawah berbentuk standard dished head

Dimensi tinggi silinder / diameter bejana ( $L_s/D_i$ ) = 1.5

$$\begin{aligned}\text{Vol. silinder (V}_s) &= \frac{1}{4} \times \pi \times D_i^2 \times L_s \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times D_i^2 \times 1.5 D_i \\ &= 0.25 \times 3.14 \times 1.5 D_i^3 \\ &= 1.1775 \times D_i^3\end{aligned}$$

$$\text{Vol. tutup (V}_{\text{dish}}) = 0.0847 \times D_i^3$$

$$\text{Vol. tangki (V}_T) = \text{Volume silinder (V}_s) + \text{Volume dished head (V}_{\text{dish}})$$

$$16.3141 = 1.1775 \times D_i^3 + (0.0847 \times D_i^3)$$

$$16.3141 = 1.2622 \times D_i^3$$

$$D_i^3 = 12.9251$$

$$D_i = 2.3468 \text{ m} = 92.3940 \text{ in}$$

Standar OD (diambil) = 90 in = 2.2860 m

(Brownell & Young, Table 5.7. p:91)

$$\begin{aligned}\text{Tinggi silinder (L}_s) &= 1.5 \times \text{OD} \\ &= 1.5 \times 2.2860 \\ &= 3.4290 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi dish head (L}_h) &= 0.169 \times \text{OD} \\ &= 0.169 \times 2.2860 \\ &= 0.3863 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume larutan dalam silinder} &= \text{Vol. larutan dalam tangki (V}_L) - \\ &\quad \text{Vol. tutup atas (V}_{\text{dish}}) \\ &= 13.0513 - 0.0847 \times D_i^3\end{aligned}$$

### Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned} &= 13.0513 - (0.0847 \times (2.2860)^3) \\ &= 12.0394 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi larutan dalam silinder (L}_{\text{Ls}}) &= \frac{\text{volume larutan dalam silinder}}{\frac{\pi}{4} \times OD^2} \\ &= \frac{12.0394}{\frac{\pi}{4} \times (2.2860)^2} \\ &= 2.9348 \text{ m} \\ \text{Tinggi larutan dalam tangki (L}_{\text{Ltotal}}) &= L_{\text{Ls}} + L_{\text{h}} \\ &= 2.9348 + 0.3863 \\ &= 3.3212 \text{ m} \end{aligned}$$

#### Menentukan tekanan desain (Pd):

$$\begin{aligned} P_{\text{operasi}} &= 14.6960 \text{ psi} \\ P_{\text{bahan}} &= \rho_{\text{bahan}} \times g \times L_{\text{Ltotal}} \\ &= 1222.3291 \times 9.8 \times 3.3212 \\ &= 39783.6146 \text{ N/m}^2 = 5.7701 \text{ psi} \\ P_{\text{total}} &= P_{\text{bahan}} + P_{\text{operasi}} \\ &= 5.7701 + 14.6960 \\ &= 20.4661 \text{ Psi} \\ P_{\text{desain}} &= 1.2 \times P_{\text{total}} \\ &= 1.2 \times 20.4661 \\ &= 24.5594 \text{ psi} \end{aligned}$$

#### Menentukan ketebalan silinder:

Digunakan bahan yang terbuat dari stainless steel dengan spesifikasi:

$$\begin{aligned} \text{Type} &: 316, \text{ grade A (SA-202)} \\ F &: 18750 \text{ psi (Appendiks D, Brownell \& Young, p:342)} \\ E &: 0.8 \text{ (Double welded butt joint)} \\ C &: 0.125 \text{ in} \\ t_{\text{silinder}} &: \frac{P_d \times OD}{2 (f E + 0.4 P_d)} + C \end{aligned}$$

Dimana:

$t_s$  = Tebal minimum silinder, in

$P_d$  = Tekanan desain, psi

## Appendiks C Spesifikasi Alat

f = Allowable stress maksimum, psi

OD = Diameter luar silinder, in

E = Efisiensi sambungan las

C = Tebal korosi, in

$$\begin{aligned}t_{\text{silinder}} &= \frac{P_d \times OD}{2(fE + 0.4P_d)} + C \\&= \frac{24.5594 \times 90}{2(18750 \times 0.8) + (0.4 \times 24.5594)} + 0.1250 \\&= 0.0736 + 0.1250 \\&= 0.1986 \text{ in}\end{aligned}$$

Tebal silinder standar (diambil) = 0.1875 in = 0.0048 m

(Brownell & Young, Table 5.7. p:90)

$$OD = ID - 2 t_{\text{silinder}}$$

$$\begin{aligned}ID &= 90 - 2 \times 0.1875 \\&= 89.6250 \text{ in} \\&= 2.2765 \text{ m}\end{aligned}$$

### Menentukan ketebalan tutup (dished head):

$$OD = 90 \text{ in}$$

$$r = 90 \text{ in}$$

$$icr = 5.5 \text{ in}$$

(Brownell & Young, Table 5.7. p:91)

$$\begin{aligned}t_{\text{dish}} &= \frac{0.885 \times P_d \times r}{2(f \times E - 0.1 P_d)} + C \\&= \frac{0.885 \times 24.5594 \times 90}{2(18750 \times 0.8) - (0.1 \times 24.5594)} + 0.1250 \\&= 0.0652 + 0.1250 \\&= 0.1902 \text{ in}\end{aligned}$$

Tebal dish head standar (diambil) = 0.1875 in = 0.0048 m

$$\begin{aligned}sf &= 1.5 \text{ in (Brownell \& Young, Table 5.6. p:88)} \\&= 0.0381 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi tangki} &= (\text{Tinggi tutup}) + \text{Tinggi silinder} + 2 sf \\L_T &= (L_h) + L_s + 2 sf \\&= 0.3863 + 3.4290 + 0.0762 \\&= 3.8915 \text{ m}\end{aligned}$$

**Perhitungan diameter nozzle:**

Inlet dan outlet nozzle sama

Asumsi: aliran turbulen

$$D_i, \text{ opt} = 3.9 \times Q_f^{0.45} \times \rho^{0.13} \text{ (Timmerhaus, pers. 15, hal.496)}$$

Dimana,  $D_i, \text{opt}$  = diameter optimum dalam pipa, in

$Q_f$  = flowrate liquid,  $\text{ft}^3/\text{s}$

$\rho$  = densitas campuran,  $\text{lbm}/\text{ft}^3$

$$Q_f = 582.9737 \text{ m}^3/\text{jam} = 5.7190 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\rho = 1222.3291 \text{ kg}/\text{m}^3 = 76.2733 \text{ lb}_m/\text{ft}^3$$

$$D_i, \text{ opt} = 3.9 \times Q_f^{0.45} \times \rho^{0.13} \text{ (Timmerhaus, pers. 15, hal.496)}$$

$$= 3.9 \times (5.7190)^{0.45} \times (76.2733)^{0.13}$$

$$= 3.9 \times 2.1918 \times 1.7567$$

$$= 15.0164 \text{ in}$$

Dari Appendix A.5-1, Geankoplis 4th edition, p:996, ditentukan:

Nominal size: 8 in sch 40

Didapat: OD = 8.625 in = 0.2191 m

ID = 7.981 in = 0.2027 m

A = 0.3475  $\text{ft}^2$  = 0.0323  $\text{m}^2$

Cek jenis aliran:

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran (v)} &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{582.9737}{0.0323} = 18055.7883 \text{ m/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{\rho D v}{\mu} \\ &= \frac{1222.3291 \times 0.2027 \times 18055.7883}{7.2106} \\ &= 620479.7782 \end{aligned}$$

$N_{Re} > 2100$ , maka asumsi awal bahwa aliran turbulen benar sehingga ukuran nozzle keluar mixing tank dipilih (8 in sch 40)

**Pengaduk:**

Digunakan pengaduk berjenis flat six blade turbine with disk

Jumlah baffle 4 buah (Geankoplis, Table 3.4-1. p:158)

$Da/Dt = 0.3$ ,  $Da = 0.6858 \text{ m}$



### Appendiks C Spesifikasi Alat

Da/W	=	5,	W = 0.1372m
La/Da	=	0.25,	La = 0.1715 m
C/Dt	=	0.333,	C = 0.7620 m
Dt/J	=	12,	J = 0.1905 m
N	=	90 rpm = 1.5 rps	

Dimana,

Da: diameter agitator

Dt: diameter tangki

W: lebar pengaduk

La: panjang daun pengaduk

C: jarak pengaduk dari dasar tangki

J: lebar *baffle*

N: kecepatan putar

$$\begin{aligned} N_{Re} &= \frac{Da^2 N \rho}{\mu} \\ &= \frac{(0.6858)^2 \cdot 1.5 \times 1222.3292}{7.2106/3600} \\ &= 430536.2666 \end{aligned}$$

Np = 5 (Geankoplis, Figure 3.4-5. p:159)

$$\begin{aligned} P &= N_p \times \rho \times N^3 \times Da^5 \\ &= 5 \times 1222.3292 \times (1.5)^3 \times (0.6858)^5 \\ &= 3129.1307 \text{ J/s} \\ &= 3.1291 \text{ kW} \\ &= 4.1962 \text{ hp} \end{aligned}$$

#### Daya motor (Pi):

h motor = 80% (Timmerhauss, p:520)

$$\begin{aligned} P_i &= \frac{P}{h} \\ &= \frac{4.1962}{80 \%} \\ &= 5.2453 \text{ hp} \end{aligned}$$

Jadi, digunakan daya motor = 5 hp

**Spesifikasi Tangki Pelarutan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ :**

Nama alat	: Tangki Pelarutan $\text{Na}_2\text{CO}_3$ (M-214)
Fungsi	: Melarutkan $\text{Na}_2\text{CO}_3$ padat dengan menggunakan air menjadi 30%
Bentuk	: Silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk standard dished head
Bahan	: Stainless steel, type 316, grade A (SA-202)
Pengelasan	: Double welded butt joint
Jumlah	: 1 buah
$P_{\text{desain}}$	: 24.5594 psi
Diameter dalam tangki, ID	: 89.6250 in = 7.4658 ft
Diameter luar tangki, OD	: 90 in = 7.4970 ft
Tinggi larutan dalam silinder, $L_{\text{Ls}}$	: 115.5441 in = 9.6248 ft
Tinggi larutan dalam tangki, $L_{\text{Ltotal}}$	: 130.7541 in = 10.8918 ft
Tinggi silinder, $L_{\text{s}}$	: 135 in = 11.2455 ft
Tinggi tutup atas, $L_{\text{ha}}$	: 15.2100 in = 1.2670 ft
Tinggi tutup bawah, $L_{\text{hb}}$	: 15.2100 in = 1.2670 ft
Tinggi tangki, $L_{\text{T}}$	: 153.21 in = 12.7624 ft
Tebal silinder, $t_{\text{silinder}}$	: 0.1875 in = 0.0156 ft
Tebal tutup atas, $t_{\text{ha}}$	: 0.1875 in = 0.0156 ft
Tebal tutup bawah, $t_{\text{hb}}$	: 0.1875 in = 0.0156 ft

**Pengaduk**

Type	: Flat six blade turbine with disk
Jumlah	: 1 buah
Power	: 5 hp
Diameter pengaduk, $D_a$	= 0.6858 m = 2.25 ft
Panjang pengaduk, $L_a$	= 0.1715 m = 0.5625 ft
Lebar pengaduk, $W$	= 0.1372 m = 0.45 ft
Jarak dari dasar, $C$	= 0.7620 m = 2.5 ft
Kecepatan putaran, $N$	= 90 rpm

**5. TANGKI PENYIMPANAN ASAM FOSFAT (F-111)**

Fungsi: Untuk menyimpan asam fosfat sebagai baku pembuatan trisodium fosfat.

**Menentukan tipe tangki penyimpanan,**

Tipe tangki yang dipilih yaitu berbentuk silinder tegak dengan dasar rata dan atap berbentuk conical dengan pertimbangan:

- a. Bahan baku yang disimpan berwujud cair
- b. Kondisi operasi tangki pada tekanan 1 atm dan temperature 303,15 K

**Menentukan bahan konstruksi,**

Bahan konstruksi yang dipilih adalah Carbon Steel SA-283 Grade dengan pertimbangan:

- a. Bahan baku berwujud cairan non-korosif dalam keadaan pekat
- b. Maximum allowable stress cukup besar 12650 psi

**Menentukan dimensi tangki,**

Bahan baku yang disimpan untuk jangka waktu 1 hari pada 1 unit tangki penyimpanan asam sulfat.

Jumlah asam sulfat yang ditampung per tangki untuk kebutuhan produksi,

$$\begin{aligned} 4834.3 \text{ kg/jam} \times 24 \text{ jam} &= 116022 \text{ kg/tangki} \\ &= 116022 \text{ kg} \end{aligned}$$

Menghitung volume amonia di tangki penyimpan

$$T = 30,00^{\circ}\text{C} = 303,15^{\circ}\text{K}$$

**Tabel C.2** Densitas campuran (asam fosfat dan air)

Komponen	$X_i$	$\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$	$\rho \cdot x_i$
$\text{H}_3\text{PO}_4$	0.74	1880	1391.20
$\text{H}_2\text{O}$	0.26	1000	260
Total	1.00		1651.20

Volume asam fosfat yang ditampung per unit tangki penyimpanan,

$$116022 \text{ kg} \times \frac{1.00}{1651.20} = 70.2653 \text{ m}^3$$

Safety factor tangki = 0.10

Sehingga didapatkan volume tangki yang akan direncanakan,

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned} V_{\text{tangki}} &= 1.1 \times 70.2653 \text{ m}^3 \\ &= 77.2918 \text{ m}^3 \\ &= 486.1507 \text{ bbl} \end{aligned}$$

Menentukan diameter dan tinggi tangki,  
 Dari Appendix E (Process Equipment Design, Brownell & Young), dipilih tangki dengan kapasitas 505 bbl dengan spesifikasi sebagai berikut,

- a. Diameter (D) = 10 ft
- b. Tinggi = 36 ft
- c. Jumlah *Course* = 6
- d. *Allowable Welded Joint* = 0.1563 in
- e. *Butt-welded Courses* = 72 in  
= 6 ft

Menghitung tebal dan panjang shell course,  
 Tebal shell course dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.16 dan 3.17 pg. 45 (Brownell & Young)  
 Berdasarkan circumferential stress,

$$t = \frac{P \times d}{2 \times f \times E} + C$$

dimana:

- t = *Thickness of shell*
- p = *Internal pressure*
- d = *Inside diameter*
- f = *Allowable stress*
- E = *Joint efficiency*
- c = *Corrosion allowance*

$$\begin{aligned} P_{\text{op}} &= \rho_{\text{As}} \times \frac{H-1}{144} \\ P_{\text{des}} &= 1.2 \times P_{\text{op}} \\ &= 1.2 \times \rho_{\text{As}} \times \frac{H-1}{144} \\ &= 1.2 \times 103.0810 \times \frac{H-1}{144} \\ &= 0.8590 (H-1) \text{ in} \end{aligned}$$

Untuk pengelasan, digunakan double-welded butt joint, dengan spesifikasi sebagai berikut,

$$E = 0.8 \text{ (Brownell \& Young, page 254)}$$

$$c = 0.1250$$

Sehingga  $t$  dapat dihitung,

$$\begin{aligned} t &= \frac{P_{des} \times d}{2 \times f \times E} + C \\ &= \frac{0.8590 \times (12 \times 10)}{2 \times 0.18750 \times 0.80} + 0.125 \\ &= 0.1284 \times (H-1) \text{ in} \end{aligned}$$

Sedangkan panjang *shell course* dihitung menggunakan persamaan,

$$L = \frac{\pi \times d - \text{Weld Length}}{12n} \quad \text{(Brownell \& Young, page 55)}$$

$$\begin{aligned} \text{Weld Length} &= \text{Jumlah Course} \times \text{Allowable Welded Joint} \\ n &= \text{Jumlah Course} \end{aligned}$$

### Course 1

$$\begin{aligned} t_1 &= 0.1284 \times (H-1) \\ &= 0.1284 \times (36-1) \\ &= 4.4953 \text{ in} \end{aligned}$$

Untuk course 1, dipilih plate dengan ketebalan

$$= 4.4953 \text{ in} = \frac{72}{16} \text{ in} = 4 \frac{8}{16}$$

Sehingga didapatkan,

$$\begin{aligned} d_1 &= (12 \times D) + t_1 \\ &= 120 + 4.4953 \\ &= 124.4953 \text{ in} \\ L_1 &= \frac{\pi \times 124.4953 - (6 \times 0.1563)}{72} \\ &= 5.4191 \text{ ft} \\ &= 5 \text{ ft } 5.0292 \text{ in} \\ &= 5 \text{ ft } 5 \text{ in} \end{aligned}$$

### Course 2

$$\begin{aligned} H_2 &= H - 6 \\ &= 36 - 6 \\ &= 30 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t_2 &= 0,1284 \times (H_2-1) \\&= 0,1284 \times (30-1) \\&= 3.7247 \text{ in}\end{aligned}$$

Untuk course 2, dipilih plate dengan ketebalan

$$= 3.7247 \text{ in} = \frac{60}{16} \text{ in}$$

Sehingga didapatkan,

$$\begin{aligned}d_2 &= (12 \times D) + t_2 \\&= 120 + 3.7247 \\&= 123.7247 \text{ in}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_2 &= \frac{\pi \times 123.7247 - (6 \times 0.1563)}{72} \\&= 5.3855 \text{ ft} \\&= 5 \text{ ft } 4.63 \text{ in} \\&= 5 \text{ ft } 4 \frac{10}{16} \text{ in}\end{aligned}$$

### Course 3

$$\begin{aligned}H_3 &= H_2 - 6 \\&= 30 - 6 \\&= 24 \text{ ft}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t_3 &= 0,1284 \times (H_3-1) \\&= 0,1288 \times (24-1) \\&= 2.9541 \text{ in}\end{aligned}$$

Untuk course 3, dipilih *plate* dengan ketebalan

$$= 2.9541 \text{ in} = \frac{47}{16} \text{ in}$$

Sehingga didapatkan,

$$\begin{aligned}d_3 &= (12 \times D) + t_3 \\&= 120 + 2.9541 \\&= 122.9541 \text{ in}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_3 &= \frac{\pi \times 122.9541 - (6 \times 0.1563)}{72} \\&= 5.3519 \text{ ft} \\&= 5 \text{ ft } 4.22 \text{ in} \\&= 5 \text{ ft } 4 \frac{4}{16} \text{ in}\end{aligned}$$

**Course 4**

$$\begin{aligned}H_4 &= H_3 - 6 \\&= 24 - 6 \\&= 18 \\t_4 &= 0,1284 \times (H_4 - 1) \\&= 0,1284 \times (18 - 1) \\&= 2.1835 \text{ in}\end{aligned}$$

Untuk course 4, dipilih *plate* dengan ketebalan

$$= 2.1835 \text{ in} = \frac{35}{16} \text{ in}$$

Sehingga didapatkan,

$$\begin{aligned}d_4 &= (12 \times D) + t_4 \\&= 120 + 2.1835 \\&= 122.1835 \text{ in} \\L_4 &= \frac{\pi \times 122.1835 - (6 \times 0.1563)}{72} \\&= 5.3182 \text{ ft} \\&= 5 \text{ ft } 3.82 \text{ in} \\&= 5 \text{ ft } 3 \frac{13}{16} \text{ in}\end{aligned}$$

**Course 5**

$$\begin{aligned}H_5 &= H_4 - 6 \\&= 18 - 6 \\&= 12 \\t_5 &= 0,1284 \times (H_5 - 1) \\&= 0,1288 \times (12 - 1) \\&= 1.4129 \text{ in}\end{aligned}$$

Untuk course 5, dipilih *plate* dengan ketebalan

$$= 1.4129 \text{ in} = \frac{23}{16} \text{ in}$$

Sehingga didapatkan,

$$\begin{aligned}d_5 &= (12 \times D) + t_5 \\&= 120 + 1.4129 \\&= 121.4129 \text{ in}\end{aligned}$$

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned}
 L_5 &= \frac{\pi \times 121.4129 - (6 \times 0.1563)}{72} \\
 &= 5.2846 \text{ ft} \\
 &= 5 \text{ ft } 3.42 \text{ in} \\
 &= 5 \text{ ft } 3 \frac{7}{16} \text{ in}
 \end{aligned}$$

### Course 6

$$\begin{aligned}
 H_6 &= H_4 - 6 \\
 &= 12 - 6 \\
 &= 6 \\
 T_6 &= 0,1284 \times (H_6 - 1) \\
 &= 0,1288 \times (6 - 1) \\
 &= 0.6423 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Untuk course 6, dipilih *plate* dengan ketebalan

$$= 0.6423 \text{ in} = \frac{10}{16} \text{ in}$$

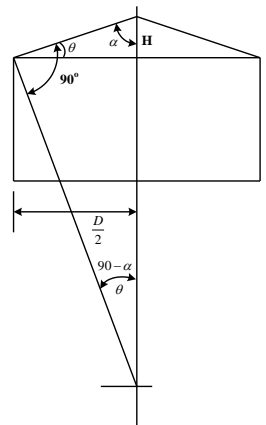
Sehingga didapatkan,

$$\begin{aligned}
 d_5 &= (12 \times D) + t_5 \\
 &= 120 + 0.6423 \\
 &= 120.6423 \text{ in}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_5 &= \frac{\pi \times 120.6423 - (6 \times 0.1563)}{72} \\
 &= 5.2510 \text{ ft} \\
 &= 5 \text{ ft } 3 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Menghitung head tangki,

Tebal cone digunakan ukuran standar, yaitu 1 in





## Appendiks C Spesifikasi Alat

Menghitung  $\theta$  (sudut elemen cone terhadap horizontal)  
(Brownell & Young, page 64)

$$\begin{aligned}\sin\theta &= \frac{D}{430 \times t} \\ &= \frac{10}{430 \times 1} \\ &= 0.0233 \\ \theta &= \text{ArcSin } 0.0233 \\ &= 0.0233 \\ &= 1.3326 \text{ Degree}\end{aligned}$$

Tinggi head (H) dapat dihitung dengan persamaan,

$$\begin{aligned}\text{tg}\theta &= \frac{H}{0.5 \times D} \\ H &= 0.5 \times 10 \times \text{tg}\theta \\ &= 0.5 \times 10 \times 4.1182 \\ &= 20.5908 \text{ ft} \\ \alpha &= 90 - \theta \\ &= 90 - 1.3326 \\ &= 88.6674 \text{ Degree} \\ \text{tg}\alpha &= \frac{0.5 \times D}{H} \\ H &= \frac{0.5 \times D}{\text{tg}\alpha} \\ &= \frac{5}{0.84713} \\ &= 5.9023 \text{ ft}\end{aligned}$$

Menghitung tebal cone

Berdasarkan persamaan 6.154 pg. 118 Brownell (1959), tebal cone diperoleh sbb:

$$\begin{aligned}t_c &= \frac{P \times di}{2 \cos\alpha (f \times E - 0.6 P)} \\ &= \frac{14.7 \times (10 \times 12)}{2 \cos(88.667) (12650 \times 0.8) - (0.6 \times 14.7)} \\ &= -0.1143 \text{ in}\end{aligned}$$

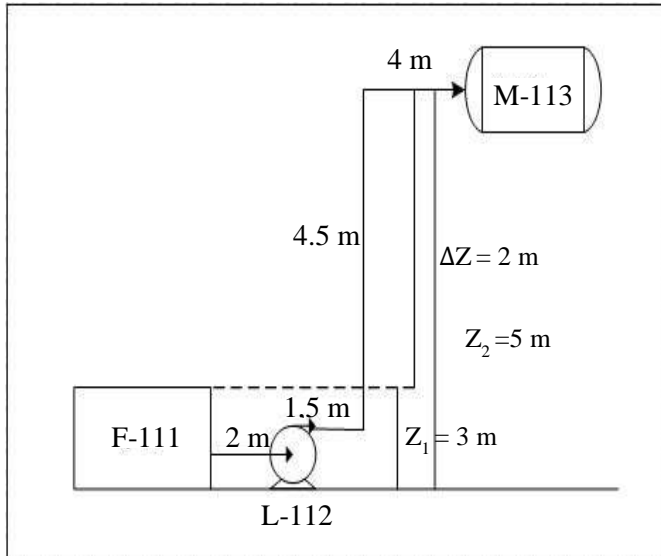
Digunakan tebal closure standar = 3/16 in

## 6. POMPA (L-112)

Fungsi: Memompa  $\text{H}_3\text{PO}_4$  dari tangki penampung menuju tangki pengenceran

Type: *centrifugal pump*

Tujuan: Menghitung power pompa



Rate Masuk	= 4834.2329 kg/jam
	= 10657.6466 lb/jam
$\rho$	= 1651.20 kg/m <sup>3</sup>
	= 103.0679 lb/cuft
$\mu$	= 0.1485 kg/m.s
	= 0.0998 lb/ft.s
Rate Fluida, Q	= 103.4041 cuft/jam
	= 0.0287 cuft/sekon
	= 12.8920 gpm
	= 0.0008 m <sup>3</sup> /s

Untuk bagian perpipaan akan direncanakan:

Elbow 90° = 3 buah

Globe valve = 1 buah (wide open)

Gate valve = 1 buah (wide open)

P<sub>1</sub> = 14.7 psi

P<sub>2</sub> = 14.7 psi

### **Perhitungan Diameter Pipa**

Dianggap Aliran Laminar ( $N_{re} < 2100$ )

$$D_{i_{opt}} = 3 \times q^{0.36} \times \mu^{0.18}$$

(Timmerhaus, pers. 16, hal.496)

Dimana;

$$Q = 0.0008 \text{ m}^3/\text{s} = 0.0287 \text{ ft}^3/\text{s}$$

$$\mu = 0.1485 \text{ kg/m.s} = 148.5540 \text{ cp}$$

$$D_i \text{ optimum} = 3 \times (0.0287)^{0.36} \times (148.5540)^{0.18}$$

$$= 3 \times 0.2786 \times 2.4600$$

$$= 2.0560 \text{ in}$$

Dari App 5, tabel A.5-1 (Geankoplis, 4th ed), ditentukan :

Standarisasi ID = 2 in sch 40

Nom. Pipe size = 2

Sch. Number = 40

Diameter luar = 2.375 in

Diameter dalam = 2.067 in

$$= 0.1723 \text{ ft} = 0.0525 \text{ m}$$

$$L_{\text{alir/pipa, A}} = 0.0233 \text{ ft}^2$$

$$\text{Kecepatan aliran, } v = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{0.0287}{0.0233}$$

$$= 1.2328 \text{ ft/s}$$

$$= 0.3757 \text{ m/s}$$

$$N_{re} = \frac{\rho \times v \times D}{\mu} \quad (\text{Geankoplis, pers. 3.4-1})$$

$$= \frac{1651 \times 0.0525 \times 0.3757}{0.1485}$$
$$= 219.3521$$

Karena  $N_{re} < 2100$ , maka asumsi aliran laminar sudah benar  
ukuran pipa keluar dipilih = 2 in sch 40

### Perhitungan Friction Losses :

#### a. Sudden contraction

Friksi yang terjadi karena adanya perpindahan dari luas penampang besar ke luas penampang kecil

$$K_c = 0.55 \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \text{ (Geankoplis, pers. 2.10-16, hlm 93)}$$

$$\text{Karena } A_1 \gg A_2, \text{ maka: } \frac{A_2}{A_1} = 0$$

Jadi,  $K_c = 0.55$  dan  $\alpha = 0.5$  (laminar)

$$h_c = K_c \times \frac{v^2}{2\alpha} \text{ (Geankoplis, pers. 2.10-16, hlm 93)}$$

$$\text{Maka} = \frac{0.55 \times (0.3757)^2}{2 \times 0.5}$$
$$= 0.0777 \text{ J/kg}$$

#### b. Friksi pada sambungan dan valve:

Diketahui harga  $K_f$  : (Geankoplis, tabel 2.10-1, hlm 93)

$$\text{Elbow } 90^\circ, \quad K_f = 4$$

$$\text{Globe valve} \quad K_f = 19$$

Friksi pada elbow

Digunakan 3 buah elbow  $90^\circ$ :

Untuk aliran turbulen,  $K_f = 4$  (Geankoplis, tabel 2.10-1, hlm 93)

friksi pada elbow:

$$h_{f1} = K_f \times \frac{v^2}{2\alpha} \text{ (Pers.2.10-17, Geankoplis)}$$
$$= 3 \times 4 \times \frac{(0.3757)^2}{2 \times 0.5}$$
$$= \frac{1.6942}{1}$$
$$= 1.6942 \text{ J/kg}$$

Digunakan 1 buah Globe valve (wide open)

Untuk aliran turbulen,  $K_f = 19$  (Geankoplis, tabel 2.10-1, hlm 93)  
friksi pada valve:

$$\begin{aligned}h_{f2} &= K_f \times \frac{v^2}{2\alpha} \text{ (Pers. 2.10-17, Geankoplis)} \\&= 19 \frac{(0.3757)^2}{2 \times 0.5} \\&= \frac{2.6825}{1} \\&= 2.6825 \text{ J/kg}\end{aligned}$$

Total friksi pada sambungan dan valve adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Sigma h_f &= h_{f1} + h_{f2} \\&= 1.6942 + 2.6825 \\&= 4.3767 \text{ J/kg}\end{aligned}$$

**c. Friksi pada pipa lurus :**

Perhitungan panjang total pipa lurus :

$$\begin{aligned}\text{Panjang pipa dari tangki ke pompa} &= 2 \text{ m} \\ \text{Panjang pipa dari pompa ke elbow 1} &= 1.5 \text{ m} \\ \text{Panjang pipa dari elbow 1 ke elbow 2} &= 4.5 \text{ m} \\ \text{Panjang pipa dari elbow 2 ke tangki pengenceran} &= 4 \text{ m} \\ \text{Panjang total pipa lurus} &= 12 \text{ m}\end{aligned}$$

Bahan pipa yang digunakan : Commercial Steel

$$\epsilon = 0.000046 \text{ m}$$

$$ID = 0.0525$$

$$NRe = 219.3521 \text{ (Aliran laminar)}$$

Maka:

$$\begin{aligned}\epsilon/D &= \frac{0.000046}{0.0525} \\&= 0.0009 \text{ m}\end{aligned}$$

Dari fig. 2.10-3 Geankoplis didapatkan:

$$f = 0.1$$

$$\begin{aligned}f_f &= 4f \times \frac{\Delta L}{D} \times \frac{v^2}{2} \\&= \frac{4 \times 0.1 \times 12 \times 0.3757^2}{0.0525 \times 2}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0.6777}{0.1050} \\ &= 6.4540 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

**Friksi total pada pompa adalah:**

$$\begin{aligned} \Sigma F &= h_c + \Sigma h_f + F_f \\ &= 0.0777 + 4.3767 + 6.4540 \\ &= 10.9083 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

**Menentukan daya pompa**

Persamaan Bernoulli (Geankoplis, pers. 2.7-28)

$$-W_s = \frac{\Delta P}{\rho} + (Z_2 - Z_1) \times g + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2\alpha} + \Sigma F$$

Dimana:

$$\begin{aligned} \Delta P &= P_2 - P_1 = 0 \\ V_1 &= 0 \\ V_2 &= 0.3757 \text{ m/s} \\ \Sigma F &= 10.9083 \text{ J/kg} \\ \Delta Z &= Z_2 - Z_1 = 5 - 3 = 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} -W_s &= \frac{0}{1651} + (2) \times 9.8 + \frac{0.3757^2 - 0^2}{2 \times 0.5} + 10.9083 \\ &= 0 + 19.6 + 0.1412 + 10.9083 \\ &= 30.6495 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

$$W_s = -30.6459 \text{ J/kg}$$

$$Q = 12.8920 \text{ gpm,}$$

didapatkan efisiensi pompa ( $\eta_p$ ) = 30 % (Geankoplis, p.148)

$$\begin{aligned} W_s &= -\eta_p \times W_p \\ -30.6495 &= -0.3 \times W_p \\ W_p &= 102.1650 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

Brake Horse power = mass flow rate  $\times W_p$  (Geankoplis, hal 145)

Dimana,

$$\begin{aligned} \text{mass flow rate} &= 4834.2329 \text{ kg/jam} \\ &= 1.3428 \text{ kg/detik} \\ W_p &= 102.1650 \text{ J/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Brake Horse power} &= 1.3428 \text{ kg/detik} \times 102.1650 \text{ J/kg} \\ &= 137.1915 \text{ W} = 0.1372 \text{ kW} \\ &= 0.1839 \text{ hp}\end{aligned}$$

Maka dipilih pompa dengan daya motor = 1 hp

## **7. REAKTOR (R-110)**

Fungsi : Tempat berlangsungnya reaksi antara bahan baku  $\text{H}_3\text{PO}_4$  dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sehingga menghasilkan  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ .

Jenis : Mixed Flow Reaktor

Kondisi Operasi: Tekanan = 1 atm  
Temperatur =  $90^\circ\text{C}$   
Laju alir massa =  $21722.86 \text{ kg/jam}$   
=  $47890.2172 \text{ lb/jam}$   
Densitas =  $1248.2243 \text{ kg/m}^3$   
=  $77.93 \text{ lb/ft}^3$   
Kelonggaran = 20%  
Waktu tinggal = 1 jam

### **1. Volume Reaktor**

Volume larutan :

$$\begin{aligned}V_1 &= \frac{47890.2172 \times 1 \text{ jam}}{77.9266} \\ &= 614.5551 \text{ ft}^3\end{aligned}$$

Volume tangki reaktor :

$$\begin{aligned}V_1 &= 1.2 \times 614.5551 \\ &= 737.4662 \text{ ft}^3 \\ &= 20.8828 \text{ m}^3\end{aligned}$$

### **2. Menghitung dimensi tangki**

Asumsi dimensi rasio :  $H/D = 4$  (ulrich : tabel 4-27)

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= 1/4 \pi (D^2) H \\ 737.4662 &= 1/4 \pi (D^2) 4D \\ D &= 6.1698 \text{ ft} \\ D &= 6 \text{ ft} = 72 \text{ in} \\ H &= 24 \text{ ft} = 288 \text{ in}\end{aligned}$$

Menentukan tebal minimum shell:

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk cylindrical tank:

### Appendiks C Spesifikasi Alat

$$t = \frac{P R}{f \times E - 0.6 P} + C \quad (\text{Brownell pers 13-1 hal 254})$$

dimana,

t = Tebal shell minimum, in

P = Tekanan tangki, psi

ri = jari-jari tangki; in (1/2D)

C = faktor korosi; in (digunakan 1/8 in)

E = faktor pegelasan, digunakan double welded; E = 0.8

f = stress allowable, bahan konstruksi Carbon steel SA-283 grade

C, maka f = 12650 psi

(Brownell, T.13-1)

$$P_{\text{operasi}} = 14.7 \text{ psi}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{hidrostatik}} &= \frac{\rho \times H}{144} \\ &= \frac{77.93 \times 24}{144} \\ &= 12.9878 \text{ psi} \end{aligned}$$

P design diambil 10% lebih besar dari P total untuk faktor keamanan

$$\begin{aligned} P_{\text{total}} &= P_{\text{operasi}} + P_{\text{hidrostatik}} \\ &= 14.7 + 12.9878 \text{ psi} \\ &= 27.6878 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{design}} &= 1.2 \times P_{\text{total}} \\ &= 1.2 \times 27.6878 \\ &= 33.2253 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{1}{2} D \\ &= \frac{1}{2} \times 72 \text{ in} \\ &= 36 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t &= \frac{(33.2253 \text{ psi})(36 \text{ in})}{(12650 \text{ psi})(0.8) - 0.6 (33.2253)} + 0.125 \text{ in} \\ &= 0.2434 \text{ in} \end{aligned}$$

Tebal shell standar yang digunakan = 3/16 in

$$\begin{aligned} \text{OD} &= \text{ID} + 2t \\ &= 72 + (2 \times 3/16) \\ &= 72.3750 \text{ in} \end{aligned}$$

Distandardkan menurut ASME, OD = 72 in



Menentukan tebal Head dan Dishead

Bentuk head = Standard dished (torispherical dished head)

$$r_c = 72 \text{ in} \quad (\text{Brownell \& Young, Table 5.7})$$

$$i_{cr} = 4 \frac{3}{8} \text{ in}$$

$$\begin{aligned} t_h &= \frac{0.885 \times P \times r_c}{f \times E - 0.1 P} + C \quad (\text{Brownell \& Young, pers 13.12}) \\ &= \frac{(0.885)(33.2253)(72)}{(12650)(0.8) - 0.1 (33.2253)} + 0.125 \text{ in} \\ &= 0.3343 \text{ in} \end{aligned}$$

Tebal head standar yang digunakan = 5/16 in

Menghitung tinggi head

$$OD = 72 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} ID &= OD \text{ tangki} - 2t_h \\ &= 72 - (2 \times 5/16) \\ &= 71.3750 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{ID}{2} \\ &= \frac{71.3750}{2} \\ &= 35.6875 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BC &= r - i_{cr} \\ &= 72 - 4 \frac{3}{8} = 67.625 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AB &= \frac{ID}{2} - i_{cr} \\ &= \frac{71.3750}{2} - 4 \frac{3}{8} = 31.3125 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AC &= (BC^2 - AB^2)^{0.5} \\ &= ((67.625)^2 - (31.3125)^2)^{0.5} = 59.9389 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= r_c - AC \\ &= 72 - 59.9389 = 12.0611 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} OA &= t_h + b + sf \\ &= 5/16 + 12.0611 + 3 = 15.3736 \text{ in} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Reaktor} &= H + 2OA \\ &= 288 + 2 \times 15.3736 = 318.7473 \text{ in} \end{aligned}$$

### 3. Perhitungan Pengaduk

Jenis pengaduk : turbin kipas daun enam

Jumlah baffle : 6 buah

Untuk turbin standar (Mc Cabe, 1999), diperoleh:

$$Da/Dt = 1/3, \quad Da = 1/3 \times 6 = 2 \text{ ft}$$

$$E/Da = 1, \quad E = 2 \text{ ft}$$

$$L/Da = 1/4, \quad L = 1/4 \times 2 = 0.5 \text{ ft}$$

$$W/Da = 1/5, \quad W = 1/5 \times 2 = 0.4 \text{ ft}$$

$$J/Dt = 1/12, \quad J = 1/12 \times 6 = 0.5 \text{ ft}$$

Dimana,

Da: diameter impeller

Dt: diameter tangki

E: tinggi turbin dari dasar tangki

L: panjang blade pada turbin

W: lebar blade pada turbin

J: lebar *baffle*

Kecepatan pengadukan, N = 2 putaran/detik

$$NRe = \frac{\rho \times N \times Da^2}{\mu}$$

$$NRe = \frac{77.93 \times 2 \times 2^2}{0.0159}$$

$$= 39137.1398$$

$$P = \frac{Np N^3 Da^5 \rho}{gc}$$

$$Np = 5$$

$$P = \frac{5 (2rps)^3 (2)^5 (77.93)}{32.17 \times 550}$$

$$= 5.6374 \text{ Hp}$$

Efisiensi motor penggerak = 80%

Daya motor penggerak = 5.6374 Hp / 0.8

$$= 7.0468 \text{ Hp}$$

$$= 7 \text{ hp}$$

## 8. ABSORBER (D-310)

Fungsi : untuk menyerap gas CO<sub>2</sub> dengan menggunakan pelarut K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

Bentuk : Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah standard dished head

Bahan : Carbon Steel SA-201 Grade A

Jumlah : 1 buah

Laju alir gas, F<sub>g</sub> = 36851.4885 kg/jam

Laju alir air, F<sub>l</sub> = 25069.0471 kg/jam

Densitas gas masuk, ρ<sub>g</sub> = 1.98 kg/m<sup>3</sup>

Densitas air masuk, ρ<sub>l</sub> = 1251.9138 kg/m<sup>3</sup>

Volume gas, V<sub>g</sub> = 18611.8629 m<sup>3</sup>/jam

Viskositas gas, μ<sub>g</sub> = 0.000017 kg/m.s

Viskositas air, μ<sub>l</sub> = 0.018 kg/m.s

BM gas rata-rata = 44.01 kg/mol

### Perhitungan Dimensi Tower

Menentukan nilai absis dan ordinat pada fig. 6.34 pg. 195 Treybal

$$\begin{aligned}\text{Nilai absis} &= \frac{L}{G} \left( \frac{\rho_g}{\rho_l - \rho_g} \right)^{0.5} \\ &= \frac{25069.0471}{36851.4885} \left( \frac{1.98}{1251.9138 - 1.98} \right)^{0.5} \\ &= 0.0328\end{aligned}$$

Packing yang digunakan adalah pall ring dengan spesifikasi sbb: (McCabe, table 22.1)

Normal size = 2 in

Porosity = 0.96

F<sub>p</sub> = 27

Delta P = 0.115 x 27<sup>0.7</sup> (McCabe, per 22.1)

= 1.1552 in.H<sub>2</sub>O/ft

$$\begin{aligned}\text{Nilai ordinat} &= \frac{G^2 C_f \mu^{0.1} J}{\rho_g (\rho_l - \rho_g) g c} \\ &= 0.1 \quad (\text{McCabe, grafik 22.6})\end{aligned}$$

$$G' = \left( \frac{0.1 \times \rho_g \times (\rho_l - \rho_g) g_c}{C_f \times \mu^{0.1} \times 1.0} \right)^{0.5}$$

$$= \left( \frac{0.1 \times 1.98 \times (1251.9138 - 1.98) \times 1}{27 \times (0.0180)^{0.1} \times 1} \right)^{0.5}$$

$$= 5.2277 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$$

$$G = \frac{G'}{BM} = \frac{5.2277}{44.01} = 0.1188 \text{ kmol/m}^2 \cdot \text{s}$$

$$\text{Laju alir gas, } F_g = 36851.4885 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Luas penampang tower (A)} = \frac{F_g}{G'}$$

$$= \frac{36851.4885}{3600}$$

$$= 1.9581 \text{ m}^2$$

Menghitung Diameter Tower

$$D_t = \left( \frac{4A}{\pi} \right)^{0.5}$$

$$= \left( \frac{4 \times 1.9581}{\pi} \right)^{0.5}$$

$$= 1.5794 \text{ m}$$

$$= 62.1804 \text{ in}$$

### Menghitung Tinggi Tower

Berdasarkan Tabel 4.18 Ulrich (1984), rasio L/D = 5

Sehingga,

$$L_t = 5 \times D_t$$

$$= 5 \times 1.5794$$

$$= 7.8969 \text{ m}$$

Menghitung Tebal Shell

$$\text{Joint efficiency, } E = 0.85$$

$$\text{Allowable stress} = 13750 \text{ psia}$$

$$P_{\text{desain}} = 1.2 \times 14.690 \text{ psi}$$

$$= 17.6280 \text{ psi}$$

$$R_t = 0.5 \times D_t$$

$$= 0.5 \times 1.5794$$

$$= 0.7897 \text{ m}$$

$$= 31.0902 \text{ in}$$

$$C = 0.125 \text{ in}$$

Berdasarkan persamaan 13.1 pg. 254 Brownel (1959), tebal dinding tangki silinder dengan tekanan dalam ditentukan oleh persamaan berikut:

$$t_s = \frac{P \times r_i}{f \times E - 0.6 P} + C$$

(pers.13.1 Brownell & Young)

Dimana:

$t_s$  = tebal shell (in)

$P$  = tekanan internal (psi)

$r_i$  = jari – jari dalam (in)

$f$  = tekanan maksimum yang diijinkan (psia)

$E$  = efisiensi pengelasan

$c$  = faktor korosi

Ketebalan dinding shell

$$t_s = \frac{17.6280 \times 31.0902}{13750 \times 0.85 - 0.6 \times 17.6280} + 0.125$$

$$t_s = 0.1719 \text{ in}$$

Maka digunakan tebal shell standart = 3/16 in

Menentukan diameter luar tangki

$$(OD)_s = (ID)_s + 2 t_s$$

$$= 62.1804 + 2 \times 0.1875$$

$$= 62.5554 \text{ in}$$

Berdasarkan tabel 5.7 pg. 91 Brownell (1959), pada OD standar 60 in. dengan tebal shell 3/16 in. diperoleh harga:

$$r_c = 60$$

$$i_{cr} = 3 \frac{5}{8}$$

$$t_h = \frac{0.885 \times P \times r_c}{f \times E - 0.1 P} + C$$

$$t_h = \frac{0.885 \times 17.6280 \times 60}{13750 \times 0.85 - 0.1 \times 17.6280} + 0.125$$

$$= 0.2051 \text{ in}$$

Digunakan tebal head standart = 3/16 in

Menghitung tinggi head

$$ID = 62.1804 \text{ in}$$

$$OD = 62.5554 \text{ in}$$

Berdasarkan penentuan dimensi dished head pg. 87 Brownell (1959) diperoleh harga:

$$a = \frac{ID}{2} = \frac{62.1804}{2} = 31.0902 \text{ in}$$

$$BC = rc - icr \\ = 60 - 3 \frac{5}{8} = 56.375 \text{ in}$$

$$AB = \frac{ID}{2} - icr \\ = 31.0902 - 3 \frac{5}{8} = 27.4652 \text{ in}$$

$$AC = (BC^2 - AB^2)^{0.5} \\ = ((56.375)^2 - (27.4652)^2) \\ = 49.2321 \text{ in}$$

$$b = rc - AC \\ = 60 - 49.2321 = 10.7679 \text{ in}$$

Dari tabel 5.6 pg. 88 Brownell (1959), untuk tebal head 3/16 in diperoleh harga sf = 1 ½ - 2. Dipilih sf = 2

Maka:

$$Hh = th + b + sf \\ = 0.2051 + 10.7679 + 2 \\ = 12.9730 \text{ in}$$

## 9. STRIPPER (D-320)

Fungsi : Melepaskan CO<sub>2</sub> yang terikat pada larutan benfield yang berasal dari Absorber CO<sub>2</sub>

Bentuk : Berbentuk bejana (tangki) vertikal dengan tutup dan alas berupa segmen torispherical

Bahan : Carbon Steel SA-201 Grade A

Jumlah : 1 buah

$$\text{Laju alir gas, } F_g = 36486.6587 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Laju alir air, } F_l = 183343.4111 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Densitas gas masuk, } \rho_g = 1.98 \text{ kg/m}^3$$

Densitas air masuk, $\rho_1$	= 2267.2158 kg/m <sup>3</sup>
Volume gas, $V_g$	= 18427.6054 m <sup>3</sup> /jam
Viskositas gas, $\mu_g$	= 0.000019 kg/m.s
Viskositas air, $\mu_l$	= 0.0213 kg/m.s
BM gas rata-rata	= 44.01 kg/mol

### Perhitungan Dimensi Tower

Menentukan nilai absis dan ordinat pada fig. 6.34 pg. 195 Treybal

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai absis} &= \frac{L}{G} \left( \frac{\rho_g}{\rho_1 - \rho_g} \right)^{0.5} \\
 &= \frac{183343.4111}{36486.6587} \left( \frac{1.98}{2267.2158 - 1.98} \right)^{0.5} \\
 &= 0.0663
 \end{aligned}$$

Packing yang digunakan adalah pall ring dengan spesifikasi sbb:  
(McCabe, table 22.1)

Normal size	= 2 in
Porosity	= 0.96
Fp	= 27
Delta P	= 0.115 x 27 <sup>0.7</sup> (McCabe, per 22.1)
	= 1.1552 in.H <sub>2</sub> O/ft

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai ordinat} &= \frac{G^2 C_f \mu^{0.1} J}{\rho_g (\rho_1 - \rho_g) g c} \\
 &= 0.075 \quad (\text{McCabe, grafik 22.6})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 G' &= \left( \frac{0.075 \times \rho_g \times (\rho_1 - \rho_g) g c}{C_f \times \mu^{0.1} \times 1.0} \right)^{0.5} \\
 &= \left( \frac{0.075 \times 1.98 \times (2267.2158 - 1.98) \times 1}{27 \times (0.0213)^{0.1} \times 1} \right)^{0.5} \\
 &= 6.0441 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}
 \end{aligned}$$

$$G = \frac{G'}{BM} = \frac{6.0441}{44.01} = 0.1374 \text{ kmol/m}^2 \cdot \text{s}$$

$$\text{Laju alir gas, } F_g = 36486.6587 \text{ kg/jam}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas penampang tower (A)} &= \frac{F_g}{G'} \\
 &= \frac{36486.6587 / 3600}{6.0441} \\
 &= 1.6769 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Menghitung Diameter Tower

$$\begin{aligned}D_t &= \left(\frac{4A}{\mu}\right)^{0.5} \\&= \left(\frac{4 \times 1.6769}{\mu}\right)^{0.5} \\&= 1.4616 \text{ m} \\&= 57.5413 \text{ in}\end{aligned}$$

**Menghitung Tinggi Tower**

Berdasarkan Tabel 4.18 Ulrich (1984), rasio L/D = 5  
Sehingga,

$$\begin{aligned}L_t &= 5 \times D_t \\&= 5 \times 1.4616 \\&= 7.3078 \text{ m}\end{aligned}$$

Menghitung Tebal Shell

Joint efficiency, E = 0.85  
Allowable stress = 13750 psia

$$\begin{aligned}Ph &= \rho \times h \\&= \frac{141.5876}{144} \times 23.9753 \\&= 23.5736 \text{ psi}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Pop} &= 14.696 + 23.5736 \\&= 38.2696 \text{ psi}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{\text{desain}} &= 1.1 \times 38.2696 \text{ psi} \\&= 40.1831 \text{ psi}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_t &= 0.5 \times D_t \\&= 0.5 \times 1.4616 \\&= 0.7308 \text{ m} \\&= 28.7706 \text{ in}\end{aligned}$$

$$C = 0.125 \text{ in}$$

Berdasarkan persamaan 13.1 pg. 254 Brownel (1959), tebal dinding tangki silinder dengan tekanan dalam ditentukan oleh persamaan berikut:

$$t_s = \frac{P \times r_i}{f \times E - 0.6 P} + C$$

(pers.13.1 Brownell & Young)



## Appendiks C Spesifikasi Alat

Dimana:

ts = tebal shell (in)

P = tekanan internal (psi)

ri = jari – jari dalam (in)

f = tekanan maksimum yang diijinkan (psia)

E = efisiensi pengelasan

c = faktor korosi

Ketebalan dinding shell

$$t_s = \frac{40.1831 \times 28.7706}{13750 \times 0.85 - 0.6 \times 40.1831} + 0.125$$
$$t_s = 0.2241 \text{ in}$$

Maka digunakan tebal shell standart = 3/16 in

Menentukan diameter luar tangki

$$(OD)_s = (ID)_s + 2 t_s$$
$$= 57.5412 + 2 \times 0.1875$$
$$= 57.9162 \text{ in}$$

Berdasarkan tabel 5.7 pg. 91 Brownell (1959), pada OD standar 54 in. dengan tebal shell 3/16 in. diperoleh harga:

$$rc = 54$$

$$icr = 3 \frac{1}{4}$$

$$t_h = \frac{0.885 \times P \times rc}{f \times E - 0.1 P} + C$$
$$t_h = \frac{0.885 \times 40.1831 \times 54}{13750 \times 0.85 - 0.1 \times 40.1831} + 0.125$$
$$= 0.2894 \text{ in}$$

Digunakan tebal head standart = 1/4 in

Menghitung tinggi head

$$ID = 57.5412 \text{ in}$$

$$OD = 57.9162 \text{ in}$$

Berdasarkan penentuan dimensi dished head pg. 87 Brownell (1959) diperoleh harga:

$$a = \frac{ID}{2} = \frac{57.5412}{2} = 28.7706 \text{ in}$$

$$\begin{aligned}
 BC &= rc - icr \\
 &= 54 - 3 \frac{1}{4} = 50.75 \text{ in} \\
 AB &= \frac{ID}{2} - icr \\
 &= 28.7706 - 3 \frac{1}{4} = 25.5206 \text{ in} \\
 AC &= (BC^2 - AB^2)^{0.5} \\
 &= ((50.75)^2 - (25.5206)^2) \\
 &= 43.8664 \text{ in} \\
 b &= rc - AC \\
 &= 54 - 43.8664 = 10.1336 \text{ in}
 \end{aligned}$$

Dari tabel 5.6 pg. 88 Brownell (1959), untuk tebal head 3/16 in diperoleh harga  $sf = 1 \frac{1}{2} - 2 \frac{1}{2}$ . Dipilih  $sf = 2$

Maka:

$$\begin{aligned}
 Hh &= th + b + sf \\
 &= 0.25 + 10.1336 + 2 \\
 &= 12.3836 \text{ in}
 \end{aligned}$$

## 10. EVAPORATOR (V-340)

Fungsi: Untuk menguapkan air pada  $Na_3PO_4$

Jenis: Standard Vertical Tube Evaporator

### Evaporator Efek 1:

Dari Appendix B

$$\begin{aligned}
 Q &= 6237972.3362 \text{ W} = 21284847.4032 \text{ BTU/jam} \\
 \text{Suhu masuk} &= 90^\circ\text{C} &= 194^\circ\text{F} \\
 \text{Suhu keluar} &= 157.97^\circ\text{C} &= 316.3460^\circ\text{F} \\
 \Delta T &= 316.3460 - 194 &= 122.3460^\circ\text{F} \\
 UD &= 200 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \quad (\text{Kern Tabel 8})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{Q}{UD \times \Delta T} \\
 &= \frac{21284847.4032}{200 \times 122.3460} \\
 &= 869.8628 \text{ ft}^2 = 80.8129 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Luas Perpindahan Panas Maksimum = 300  $\text{m}^2$  (Ulrich; T.4-7)

Kondisi tube Calandria:

## Appendiks C Spesifikasi Alat

Ukuran tube = 4 in (Badger hal 174 (1 - 4 in ID))  
Panjang tube = 12 ft (Hugot hal 509 (2.25-4m = 7-13ft))  
= 3.6576 m

Dipilih:

Pipa standar 4 in IPS Schedule 40 (kern table 11)

OD = 4.5 in = 0.3750 ft

ID = 4.026 in = 0.3355 ft

a't = 12.70 in<sup>2</sup> = 0.0882 ft<sup>2</sup>

Jumlah tube, Nt =  $\frac{A}{a't \times L}$   
=  $\frac{869.8628}{0.0882 \times 12}$   
= 822 buah

### Dimensi Evaporator

A = Nt x a't  
= 822 x 0.0882  
= 72.4886 ft<sup>2</sup>

D<sub>evap</sub> =  $\sqrt{4 \times \frac{A}{\pi}}$   
= 9.6095 ft  
= 2.9290 m

### Tinggi evaporator

Tinggi badan silinder = 1,5 sampai 2 kali panjang tube  
(Hougot, 508)

Tinggi badan silinder = 1.5 x 3.6576  
= 5.4864 m

Tinggi evaporator = tinggi badan silinder + panjang tube

Tinggi evaporator = 5.4864 + 3.6576  
= 9.144 m

### Diameter Centerwall

Diameter centre well = 0.25 x D<sub>evap</sub> (Hugot hal 509)  
= 0.25 x 9.6095  
= 2.4024 ft  
= 0.7322 m

### Tebal minimum shell

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk Cylindrical Tank

$$t_{\min} = \frac{P \times r_i}{f \times E - 0.6 P} + C$$

(pers.13.1 Brownell & Young)

Dimana:

$t_{\min}$  = tebal shell minimum (in)

P = tekanan tangki (psi)

$r_i$  = jari-jari tangki (in)

f = tekanan maksimum yang diijinkan (psia)

E = faktor pengelasan, digunakan double welded, E = 0.8

c = faktor korosi

Bahan konstruksi shell: Carbon steel SA-203 Grade C

Dari Brownell & Young didapat data sebagai berikut:

$f_{\text{allowance}}$  = 18750 psi

$P_{\text{operasi}}$  = 1 atm = 14.7 psi

P desain = 1.2 x 14.7

= 17.6352 psi

R =  $\frac{1}{2}$  D

=  $\frac{1}{2}$  x 9.6095

= 4.8047 ft

= 57.6569 in

$t_{\min} = \frac{17.6352 \times 57.6569}{18750 \times 0.8 - 0.6 \times 17.6352} + 0.125$

= 0.1928 (digunakan t = 3/16 in)

### Tebal conical dishead (bawah)

$$t_{\text{conical}} = \frac{P D}{2 \cos \alpha (f E - 0.6 P)} + C$$

dengan:

$\alpha$  =  $\frac{1}{2}$  sudut conis

=  $\frac{1}{2}$  x  $60^\circ$  =  $30^\circ$

Bahan konstruksi shell: dianjurkan bahan campuran alloy carbon steel dengan nickel

Bahan konstruksi: SA-203 Grade C

$f_{\text{allowance}}$  = 18750 psi

### Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned} t_{\text{conical}} &= \frac{17.6352 \times 115.3138}{2 \cos \alpha (18750 \times 0.8 - 0.6 \times 17.6352)} + 0.125 \\ &= 0.5648 \text{ (digunakan } t = 1/2 \text{ in)} \end{aligned}$$

#### Spesifikasi efek 1

Diameter Centerwall	= 0.7322 m
Diameter Evaporator	= 2.9290 m
Tinggi Evaporator	= 9.1440 m
Tebal Shell	= 3/16 in
Tebal Tutup	= 1/2 in

#### Tube Calandria

Ukuran	= 4 in sch. standard 40 IPS
OD	= 0.3750 ft
ID	= 0.3355 ft
Panjang Tube	= 12 ft
Jumlah Tube	= 822 buah
Bahan Konstruksi	= Carbon Steel SA-203 Grade C
Jumlah Evaporator	= 1 buah

#### Evaporator Efek 2:

Dari Appendix B

Q	= 3947599.5896 W = 13469770.3589 BTU/jam
Suhu masuk	= 158°C = 361.3460°F
Suhu keluar	= 122°C = 250.9340°F
$\Delta T$	= 361.3460 – 250.9340 = 65.4120°F
UD	= 200 Btu/jam.ft <sup>2</sup> .°F (Kern Tabel 8)

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q}{UD \times \Delta T} \\ &= \frac{13469770.3589}{200 \times 65.4120} \\ &= 1029.6100 \text{ ft}^2 = 95.6539 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas Perpindahan Panas Maksimum = 300 m<sup>2</sup> (Ulrich; T.4-7)

Kondisi tube Calandria:

Ukuran tube	= 4 in (Badger hal 174 (1 - 4 in ID))
Panjang tube	= 12 ft (Hugout hal 509 (2.25-4m = 7-13ft))
	= 3.6576 m

Dipilih:

Pipa standar 4 in IPS Schedule 40 (kern table 11)

$$\text{OD} = 4.5 \text{ in} = 0.3750 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 4.026 \text{ in} = 0.3355 \text{ ft}$$

$$a't = 12.70 \text{ in}^2 = 0.0882 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tube, Nt} &= \frac{A}{a't \times L} \\ &= \frac{1029.6100}{0.0882 \times 12} \\ &= 973 \text{ buah} \end{aligned}$$

### Dimensi Evaporator

$$\begin{aligned} A &= Nt \times a't \\ &= 973 \times 0.0882 \\ &= 85.8008 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{\text{evap}} &= \sqrt{4 \times \frac{A}{\pi}} \\ &= 10.4547 \text{ ft} \\ &= 3.1866 \text{ m} \end{aligned}$$

### Tinggi evaporator

Tinggi badan silinder = 1,5 sampai 2 kali panjang tube  
(Hougot, 508)

$$\begin{aligned} \text{Tinggi badan silinder} &= 1.5 \times 3.6576 \\ &= 5.4864 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi evaporator = tinggi badan silinder + panjang tube

$$\begin{aligned} \text{Tinggi evaporator} &= 5.4864 + 3.6576 \\ &= 9.144 \text{ m} \end{aligned}$$

### Diameter Centerwall

$$\begin{aligned} \text{Diameter centre well} &= 0.25 \times D_{\text{evap}} (\text{Hugot hal 509}) \\ &= 0.25 \times 10.4547 \\ &= 2.6137 \text{ ft} \\ &= 0.7966 \text{ m} \end{aligned}$$

### Tebal minimum shell

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk Cylindrical Tank

$$t_{\min} = \frac{P \times r_i}{f \times E - 0.6 P} + C$$

(pers.13.1 Brownell & Young)

Dimana:

$t_{\min}$  = tebal shell minimum (in)

P = tekanan tangki (psi)

$r_i$  = jari-jari tangki (in)

f = tekanan maksimum yang diijinkan (psia)

E = faktor pengelasan, digunakan double welded, E = 0.8

c = faktor korosi

Bahan konstruksi shell: Carbon steel SA-203 Grade C

Dari Brownell & Young didapat data sebagai berikut:

$f_{\text{allowance}}$  = 18750 psi

$P_{\text{operasi}}$  = 1 atm = 14.7 psi

P desain =  $1.2 \times 14.7$

= 17.6352 psi

R =  $\frac{1}{2} D$

=  $\frac{1}{2} \times 10.4547$

= 5.2273 ft

= 62.7281 in

$t_{\min} = \frac{17.6352 \times 62.7281}{18750 \times 0.8 - 0.6 \times 17.6352} + 0.125$

= 0.1988 (digunakan t = 3/16 in)

### Tebal conical dishead (bawah)

$$t_{\text{conical}} = \frac{P D}{2 \cos \alpha (fE - 0.6P)} + C$$

dengan:

$\alpha$  =  $\frac{1}{2}$  sudut conis

=  $\frac{1}{2} \times 60^\circ = 30^\circ$

Bahan konstruksi shell: dianjurkan bahan campuran alloy carbon steel dengan nickel

Bahan konstruksi: SA-203 Grade C

$f_{\text{allowance}}$  = 18750 psi

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$t_{\text{conical}} = \frac{17.6352 \times 125.4562}{2 \cos \alpha (18750 \times 0.8 - 0.6 \times 17.6352)} + 0.125$$
$$= 0.6034 \text{ (digunakan } t = 1/2 \text{ in)}$$

### Spesifikasi efek 2

Diameter Centerwall = 0.7966 m

Diameter Evaporator = 3.1866 m

Tinggi Evaporator = 9.1440 m

Tebal Shell = 3/16 in

Tebal Tutup = 1/2 in

### Tube Calandria

Ukuran = 4 in sch. standard 40 IPS

OD = 0.375 ft

ID = 0.3355 ft

Panjang Tube = 12 ft

Jumlah Tube = 973 buah

Bahan Konstruksi = Carbon Steel SA-203 Grade C

Jumlah Evaporator = 1 buah

### Evaporator Efek 3:

Dari Appendix B

Q = 2088936.7904 W = 7127748.9578 BTU/jam

Suhu masuk = 122°C = 250.9340°F

Suhu keluar = 59°C = 137.6420°F

$\Delta T = 250.9340 - 137.6420 = 113.2920^\circ\text{F}$

UD = 200 Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F (Kern Tabel 8)

$$A = \frac{Q}{UD \times \Delta T}$$
$$= \frac{7127748.9578}{200 \times 113.2920}$$
$$= 314.5742 \text{ ft}^2 = 29.2249 \text{ m}^2$$

Luas Perpindahan Panas Maksimum = 300 m<sup>2</sup> (Ulrich; T.4-7)

Kondisi tube Calandria:

Ukuran tube = 4 in (Badger hal 174 (1 - 4 in ID))

Panjang tube = 12 ft (Hugout hal 509 (2.25-4m = 7-13ft))  
= 3.6576 m



Dipilih:

Pipa standar 4 in IPS Schedule 40 (kern table 11)

$$\text{OD} = 4.5 \text{ in} = 0.3750 \text{ ft}$$

$$\text{ID} = 4.026 \text{ in} = 0.3355 \text{ ft}$$

$$a't = 12.70 \text{ in}^2 = 0.0882 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tube, Nt} &= \frac{A}{a't \times L} \\ &= \frac{314.5742}{0.0882 \times 12} \\ &= 297 \text{ buah} \end{aligned}$$

### Dimensi Evaporator

$$\begin{aligned} A &= Nt \times a't \\ &= 297 \times 0.0882 \\ &= 26.2145 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{\text{evap}} &= \sqrt{4 \times \frac{A}{\pi}} \\ &= 5.7788 \text{ ft} \\ &= 1.7614 \text{ m} \end{aligned}$$

### Tinggi evaporator

Tinggi badan silinder = 1,5 sampai 2 kali panjang tube  
(Hougot, 508)

$$\begin{aligned} \text{Tinggi badan silinder} &= 1.5 \times 3.6576 \\ &= 5.4864 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi evaporator = tinggi badan silinder + panjang tube

$$\begin{aligned} \text{Tinggi evaporator} &= 5.4864 + 10.9645 \\ &= 9.144 \text{ m} \end{aligned}$$

### Diameter Centerwall

$$\begin{aligned} \text{Diameter centre well} &= 0.25 \times D_{\text{evap}} \text{ (Hugot hal 509)} \\ &= 0.25 \times 5.7788 \\ &= 1.4447 \text{ ft} \\ &= 0.4403 \text{ m} \end{aligned}$$

### Tebal minimum shell

Tebal shell berdasarkan ASME Code untuk Cylindrical Tank

$$t_{\min} = \frac{P \times r_i}{f \times E - 0.6 P} + C$$

(pers.13.1 Brownell & Young)

Dimana:

$t_{\min}$  = tebal shell minimum (in)

P = tekanan tangki (psi)

$r_i$  = jari-jari tangki (in)

f = tekanan maksimum yang diijinkan (psia)

E = faktor pengelasan, digunakan double welded, E = 0.8

c = faktor korosi

Bahan konstruksi shell: Carbon steel SA-203 Grade C

Dari Brownell & Young didapat data sebagai berikut:

$f_{\text{allowance}}$  = 18750 psi

$P_{\text{operasi}} = 1 \text{ atm} = 14.7 \text{ psi}$

P desain =  $1.2 \times 14.7$

= 17.6352 psi

R =  $\frac{1}{2} D$

=  $\frac{1}{2} \times 5.7788$

= 2.8894 ft

= 34.6727 in

$t_{\min} = \frac{17.6352 \times 34.6727}{18750 \times 0.8 - 0.6 \times 17.6352} + 0.125$

= 0.1658 (digunakan t = 3/16 in)

### Tebal conical dishead (bawah)

$$t_{\text{conical}} = \frac{P D}{2 \cos \alpha (fE - 0.6P)} + C$$

dengan:

$\alpha$  =  $\frac{1}{2}$  sudut conis

=  $\frac{1}{2} \times 60^\circ = 30^\circ$

Bahan konstruksi shell: dianjurkan bahan campuran alloy carbon steel dengan nickel

Bahan konstruksi: SA-203 Grade C

$f_{\text{allowance}} = 18750 \text{ psi}$

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$t_{\text{conical}} = \frac{17.6352 \times 69.3454}{2 \cos \alpha (18750 \times 0.8 - 0.6 \times 17.6352)} + 0.125$$
$$= 0.3895 \text{ (digunakan } t = 5/16 \text{ in)}$$

### Spesifikasi efek 3

Diameter Centerwall = 0.4403 m

Diameter Evaporator = 1.7614 m

Tinggi Evaporator = 9.144 m

Tebal Shell = 3/16 in

Tebal Tutup = 5/16 in

### Tube Calandria

Ukuran = 4 in sch. standard 40 IPS

OD = 0.375 ft

ID = 0.3355 ft

Panjang Tube = 12 ft

Jumlah Tube = 297 buah

Bahan Konstruksi = Carbon Steel SA-203 Grade C

Jumlah Evaporator = 1 buah

## 11. BAROMETIC CONDENSOR (E-342)

Fungsi = Mengkondensasikan uap dari evaporator

Memakai tipe = Multi jet spray

Jumlah = 1 buah

Rate uap,  $V_m$  = 4693.2362 kg/jam

Dari Hugot, tabel 40.2 hal 858 diperoleh bahwa:

Untuk rate uap = 4693.2362 kg/jam

Tinggi kondensar (H) = 2.4 m

Horizontal cross section, Luas penampang kondensor (S)

Dari Hougout didapatkan:

$$S = 1.7 \text{ ft}^2/\text{ton uap yang akan diembunkan tiap jam}$$

$$S = 1.7 \text{ ft}^2/\text{ton} \times 4693.2362 \times \frac{1}{1000 \text{ kg}}$$

$$S = 7.9785 \text{ ft}^2 = 0.7412 \text{ m}^2$$

**Diameter pipa uap (Dv):**

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{\frac{S \times 4}{\pi}} \\ D \text{ vapor} &= 0.5709 \text{ dm} \\ v &= 28 \text{ dm/s} \\ D &= \sqrt{\frac{7.9785 \times 4}{3.14}} \\ &= 3.1881 \text{ ft} \\ &= 0.9717 \text{ m} \end{aligned}$$

**Diameter pipa cooling water (Dcw):**

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{\frac{Q_1 \times 4}{\pi v}} \\ v &= \alpha \sqrt{2gh} \end{aligned}$$

Dimana:

$\alpha$  = koefisien panjang pipa, (0.5)  
 $g$  = 98 dm/s<sup>2</sup>  
 $h$  = panjang condenser (dm)  
 $v$  = velositas air di dalam pipa (dm/s)  
 $Q_1$  = laju air masuk kondenser (kg/s)

$$\begin{aligned} v &= 28 \text{ dm/s} \\ Q_1 &= 314350.8211 \text{ kg/jam} \\ &= 5239.1804 \text{ kg/s} \\ D_{cw} &= \sqrt{\frac{5239.1804 \times 4}{\pi \times 28}} \\ &= 15 \text{ dm} \\ &= 1.5439 \text{ m} \end{aligned}$$

**Diameter kolom barometerik (Dc):**

Menggunakan persamaan 40.23, Hougout page 882:

$$D_c = \sqrt{\frac{Q(W+1)}{2827V}}$$

Dimana:

### Appendiks C Spesifikasi Alat

- Dc = diameter coloumn (dm)  
Q = Uap air yang dikondensasi (kg/jam)  
W = Perbandingan air pendingin dengan uap yang diembunkan  
V = kecepatan alir dalam kolom, umumnya (10 dm /s)

Dari perhitungan neraca panas maka didapatkan:

$$Q = 938.6472 \text{ kg/jam}$$

Massa air pendingin untuk mengkondensasikan uap: 314350.8211 kg/jam

$$W = 314350.8211 / 938.6472 \\ = 334.8977$$

$$Dc = \sqrt{\frac{938.6472 (334.8977+1)}{2827 \times 10}} \\ = 3.3396 \text{ dm} \\ = 0.3340 \text{ m}$$

Digunakan batas bawah untuk suhu air keluar = 52.5°C

Kevakuman maksimum = 48 cmHg

= 18.898 inHg

Batas yang diperlukan untuk menhaja kemungkinan kenaikan

Tekanan barometrix adalah:

$$P_{max} = 30.7 \text{ inHg}$$

$$\text{Tinggi kolom barometik, } H_b = H_o + h + S$$

(Hugot, persamaan 40.19, hal 881)

$$\text{pair (30°C)} = 0.9957 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Spesific Volume air} = 1 \text{ ft}^3/\text{lb}$$

$$H_o = 10.33 \times \frac{18.898}{30} \times \frac{30.7}{30}$$

$$= 1.0376 \text{ ft}$$

$$= 0.3163 \text{ m}$$

**Perhitnungan h:**

$$h = (1 + \alpha) \frac{V^2}{2g}$$

Dimana:

h = head air (m) untuk menjaga aliran dalam kolom agar memiliki kecepatan tetap sebesar V

V = Kecepatan dalam kolom, (m/s)

g = Percepatan gravitasi, (9.8 m<sup>2</sup>/s)

Berdasarkan Hugot, tabel 40.19 halaman 881 didapatkan

Untuk diamter coloumn (Dc) = 333.9580 mm

$\alpha$  = 6.1

$$\begin{aligned} h &= (1 + \alpha) \frac{V^2}{2g} \\ &= (1 + 6.1) \frac{1^2}{2 \times 9.8} \\ &= 0.3622 \text{ m} \end{aligned}$$

Batas keamanan (S):

$$S = 0.5 \text{ m}$$

Sehingga tinggi kolom barometrik (Hb):

$$\begin{aligned} Hb &= H_o + h + S \text{ (Hugot, persamaan 40.19, hal 881)} \\ &= 0.3163 + 0.3622 + 0.5 \\ &= 1.1785 \text{ m} \end{aligned}$$

**Spesifikasi Barometric Condenser**

Nama Alat = E-342

Tipe = Counter-current condensers

Jumlah = 1 buah

Bahan Konstruksi = Low-alloy steel SA-202 A

Rate uap masuk = 4693.2362 kg/jam

Horizontal cross section = 7.9785 ft<sup>2</sup> = 0.7412 m<sup>2</sup>

Diameter Pipa uap = 0.9717 m

Diameter pipa cooling water = 1.5439 m

### Condensat

Kevakuman maksimum = 30.7 inHg

Diameter kolom = 0.3340 m

Batas keamanan = 0.5 m

Tinggi kolom = 1.1785 m

### 12. JET EJECTOR (G-343)

Fungsi: Menarik gas-gas yang tidak terkondensasikan pada barometric condenser

Jumlah = 1 unit

Suhu vapour = 55°C

= 102.2 °F

Tekana vapour = 0.153 atm

= 116.28 mmHg

Tekanan operasi bagian pemasukan (suction)= 75 mmHg

= 2.9520 inHg

Pressure drop pada kondensor =  $P_{\text{operasi}} - P_{\text{suction}}$

= 116.28 – 75

= 41.28 mmHg

### Perhitungan kebutuhan steam (Ludwing, persamaan 6-2)

$$W_v = \frac{W_n \times M_v \times P_v}{M_n \times P_n}$$

Keterangan:

$W_v$  = Berat vapor; lb/jam

$W_n$  = Berat non-condensable gas; lb/jam

$M_v$  = Molecular weight vapor

$M_n$  = Molecular weight non-condensable gas

$P_v$  = tekanan vapor; mmHg

$P_n$  = tekanan non-condensable gas; mmHg

Non-condensable gas = udara

Vapor = Bahan yang menguap

Berdasarkan perhitungan massa dan panas:

BM campuran uap,  $MV = 18 \text{ kg/kmol (lb/lbmol)}$

BM udara,  $Mn = (21\% \times 32) + (79\% \times 28)$

### Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned} &= 28.84 \text{ kg/kmol (lb/lbmol)} \\ \text{Tekanan vapor , } P_v &= 116.28 \text{ mmHg} \\ \text{Tekanan non-condensable gas, } P_n &= 75 \text{ mmHg} \\ \text{kebocoran udara} &= 1.5 \text{ lb/jam} \\ (\text{Ludwig, table 6-7}) \quad W_v &= \frac{1.5 \times 18 \times 116.28}{28.84 \times 75} \end{aligned}$$

$$= 1.48 \text{ lb/jam}$$

Untuk faktor keamanan , berat campuran dilebihkan 20%

$$\begin{aligned} \text{Berat campuran uap, } M_v &= 1.2 \times 1.48 \\ &= 1.7760 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka kapasitas design ejector} &= 1.7760 \text{ lb/jam} \\ \text{Suction pressure} &= 75 \text{ mmHg} \end{aligned}$$

Berdasarkan Ludwig fig 6-25:

Suction pressure 75.2 mmHg dan single stage steam jet ejector maka didapat :

Kebutuhan steam: 11 lb steam/lb air mixture

$$\begin{aligned} \text{Kebocoran udara x kebutuhan steam} \\ &= 1.5 \times 11 \text{ lb/jam} \\ &= 16.5 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Digunakan steam dengan tekanan} &= 1002.1 \text{ kPa} \\ &= 9.8897 \text{ atm} \\ \text{Steam pressure factor (F)} &= 1.26 \\ \text{Kebutuhan steam (terkoreksi)} &= 1.26 \times 16.5 \\ &= 20.79 \text{ lb/jam} \\ &= 9.4301 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

#### Dimensi ejector

Diameter pemasukan (suction):

$$D_1 = 2 (W_{a1} / P_1)^{0.48}$$

dimana:

$$\begin{aligned} W_{a1} &= \text{kapasitas design ejector, lb/jam} \\ P_1 &= \text{tekanan bagian masuk, mmHg} \\ W_{a1} &= 1.7760 \text{ lb/jam} \\ P_1 &= 75.2 \text{ mmHg} \end{aligned}$$



$$D_1 = 2 (1.7760 / 75.2)^{0.48}$$

$$= 0.3313 \text{ in}$$

Diameter bagian luar (discharge)

$$D_2 = 0.75 D_1$$

$$D_2 = 0.75 \times 0.3313$$

$$= 0.2485 \text{ in}$$

Panjang (L)

$$= 9 \times D_1$$

$$= 9 \times 0.3313$$

$$= 2.9814 \text{ in}$$

### Spesifikasi Jet Ejektor

Nama Alat	= G-343
Tipe	= Single stage steam-jet ejector
Bahan Konstruksi	= Carbon steel
inlet (suction)	= 0.3313 in
Outlet (discharge)	= 0.2485 in
Panjang	= 2.9814 in
Kapasitas desain	= 1.776 lb/jam
Kebutuhan steam	= 9.4301 lb/jam

### 13. CRYSTALLIZER ( X-350)

Fungsi: Tempat pembentukan kristal trisodium fosfat

Bahan konstruksi: Stainless Steel SA-203, Grade C

Jumlah: 1 buah

**Tabel C.3** Komposisi Komponen Masuk:

Komponen	Rate massa (Kg/jam)	x	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho$ campuran (kg/m <sup>3</sup> )
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	6835.6435	0.4085	1620	661.7742
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	93.0894	0.0056	500	2.7815
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2171.8787	0.1298	2540	329.6740
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	314.5609	0.0188	1880	35.3409
NaOH	1294.2137	0.0773	2130	164.7407

## Appendiks C Spesifikasi Alat

H <sub>2</sub> O	6024.0297	0.36	1000	360
Total	16733.4158	1		1573.6196

$$\begin{aligned}
 Q &= 53619022.5502 \text{ kg/jam} \\
 &= 212638.8902 \text{ Btu/jm} \\
 \text{Suhu Masuk} &= 58.69^\circ\text{C} \\
 &= 137.642^\circ\text{F} \\
 \text{Suhu Keluar} &= 55^\circ\text{C} \\
 &= 131^\circ\text{F} \\
 \Delta T &= 6.642^\circ\text{F} \\
 U_D &= 500 \text{ Btu/(hr)(ft}^2\text{)(}^\circ\text{F)} \quad (\text{Kern, Tabel 8})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{Q}{U_D \times \Delta T} \\
 &= \frac{212638.8902}{500 \times 6.6420} \\
 &= 64.0286 \text{ ft}^2 \\
 &= 5.9483 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Kondisi tube berdasarkan Hugot hal 643

Panjang tube = 50 in = 4,1667 ft

Diameter tube = 5 in OD

Karena diameter tube yang digunakan  $\pm 5$  in OD, maka digunakan :

Pipa standar ukuran 4 in IPS schedule 40 (Kern, tabel 11)

OD = 4,5 in

ID = 4,026 in = 0,3355 ft

a't = 12,7 in<sup>2</sup> = 0,0882 ft<sup>2</sup>

$$\text{Jumlah tube, Nt} = \frac{A}{a't \times L}$$

$$= \frac{64.0286}{\quad \quad \quad}$$

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned}
 & 0,0882 \times 4,1667 \\
 & = 174.2502 \\
 & = 174 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

### Dimensi kristaliser :

$$\begin{aligned}
 A &= N_t \times a't \\
 &= 174 \times 0,0882 \\
 &= 15.3449 \text{ ft}^2 \\
 &= 1.4255 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter, } A &= \frac{\pi \cdot D^2}{4} \\
 D &= (4 \times \frac{A'}{\pi})^{1/2} = (4 \times \frac{15.3449}{3.14})^{1/2} \\
 &= 4.4213 \text{ ft} = 1.3476 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tinggi kristaliser,  
 untuk menghitung tinggi kristaliser menggunakan perbandingan:  
 Tinggi cylindrical body 5 ft diatas tube plate (*Hugot hal 646*)

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi kristaliser} &= \text{Tinggi cylindrical} + \text{Panjang tube} \\
 &= 5 + 4.1667 \\
 &= 9.1667 \text{ Ft}
 \end{aligned}$$

### *Center well*

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter centre well} &= 0.25 \times D_{\text{evap}} \\
 &= 0.25 \times 4.4213 \\
 &= 1.1053 \text{ ft} \\
 &= 0.3369 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**Menghitung Tebal shell atau tebal tangki**

$$t = \frac{P \times r_i}{f \times E - 0,6 \times P} + C$$

dimana,  $t$  = Tebal *shell* (in)

$P$  = Tekanan design tangki (lb/in<sup>2</sup>)

$P_{op} = 1 \text{ atm} = 14,7 \text{ Psi}$

$P_{des} = 1,2 \times P_{op} = 1,2 \times 14,7 = 17,64$

$r_i$  = Jari-jari tangki (in)

$r_i = 0,5 \times D = 0,5 \times 53.0552 = 26.5276$

$E$  = *Welded joint efficiency* = 0,8

$f$  = *maximum allowable stress* = 18750 psi

$C$  = Faktor korosi = 0,125

$$t = \frac{17,64 \times 26.5276}{18750 \times 0,8 - 0,6 \times 17,64} + 0,125$$

$$= 0,1562 \text{ in}$$

sehingga digunakan tebal

shell yaitu  $\frac{3}{16}$  in

**Menghitung tinggi dan tebal head**

Tipe head yang digunakan: conical head

- Tebal head

$$T = \frac{P \times D}{2 \cos \alpha \times (f E - 0,6 P)} + C$$

Dimana,  $\alpha$  = 0,5 x sudut conis = 0,5 x

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$\begin{aligned}
 t &= 17,64 \times 53.0552 \\
 &= 2\cos 30 \times ((18750 \times 0,8) - (0,6 \times 17,64)) \\
 &= 0.2024 + 0,125 \\
 &= 0.3274 \text{ in}
 \end{aligned}$$

sehingga digunakan tebal conis head yaitu 5/ 16 in

- Tinggi head

sudut cone terhadap horizontal yaitu  $20^\circ$  (Hugot hal 646)

Tinggi *head* (H) dapat dihitung dengan persamaan,

$$\begin{aligned}
 \alpha &= 20^\circ \\
 \operatorname{tg} \alpha &= \frac{0,5 \times D}{H} \\
 H &= \frac{0,5 \times D}{\operatorname{tg} \alpha} \\
 &= \frac{2.4170}{2.2372} \\
 &= 0.99 \text{ ft} \\
 &= 0.3018 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### Spesifikasi Kristaliser

#### Bagian Tube

Ukuran	=	Pipa standar ukuran 4 in IPS schedule 40
OD	=	0.1143 m
ID	=	0.1023 m
Panjang Tube	=	1.27 m
Jumlah Tube	=	174 buah
Bahan Konstruksi	=	<i>Stainless steel</i>

#### Bagian Shell

Diameter kristaliser	=	1.3476 m
----------------------	---	----------

## Appendiks C Spesifikasi Alat

Diameter center well	=	0,3683	m
Tinggi shell	=	2,7940	m
Tebal shell	=	0,0040	m
Tipe head	=	<i>conical head</i>	
Tinggi head	=	0,3322	m
Tebal head	=	0,0048	m
Jumlah kristaliser	=	1	buah

### 14. CENTRIFUGE (H-352)

Fungsi: Memisahkan kristal  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  dari mother liquornya

Jumlah: 1 buah

Tipe : Centrifuge type disk

Kondisi Operasi:

Tekanan = 1 atm

Temperatur =  $30^\circ\text{C}$

**Tabel C.4** Komposisi Komponen Masuk:

Komponen	Rate massa (Kg/jam)	x	$\rho$ ( $\text{kg/m}^3$ )	$\rho$ campuran ( $\text{kg/m}^3$ )
$\text{Na}_3\text{PO}_4$	6835.6435	0.4085	1620	661.7742
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	93.0894	0.0056	500	2.7815
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	2171.8787	0.1298	2540	329.6740
$\text{H}_3\text{PO}_4$	314.5609	0.0188	1880	35.3409
NaOH	1294.2137	0.0773	2130	164.7407
$\text{H}_2\text{O}$	6024.0297	0.36	1000	360
Total	16733.4158	1		1554.3114

Rate Massa = 16733.4158 kg/jam  
= 401601.9802 kg/hari

$\rho$  campuran = 1554.3114  $\text{kg/m}^3$

Viskositas Larutan = 2.6087 kg/m.jam = 0.000725 kg/m.s

Rate volumetrik feed = 10.7658  $\text{m}^3/\text{jam}$

Dipakai centrifuge type disk dengan metode pemisahan sedimentasi didapat:

## Appendiks C Spesifikasi Alat

D bowl	= 24 inch ( <i>Perry edisi 8, tabel 18-12</i> )
Kec. Putar	= 4000 rpm
Power motor	= 7.5 hp

Untuk type disk centrifuge dengan kec. 4000 rpm, didapat:

D disk	= 19.5 in	(table 19-14 Perry 6ed)
Jumlah	= 144 buah	(table 18-13 Perry 7ed)
Jarak	= 0.4 mm	(Perry 7ed hal 18-113)

Settling velocity dapat dihitung dengan persamaan,

$$U_t = \frac{Dp^2(\rho_p - \rho)\omega^2 r_2}{18 \mu} \quad (\text{Mc Cabe, eq 30.79: 1069})$$

Dimana:

$D_p$	= ukuran partikel = 0.0001 m
$\rho_p$	= density partikel = 8670 kg/m <sup>3</sup>
$\rho$	= densitas fluida = 1000 kg/ m <sup>3</sup>
$\omega$	= angular velocity = 4000 rpm = 66.6667 rad/s
$r_2$	= radius bowl = 0.5 D = 0.5 x 24 = 12 in = 0.30 m
$\mu$	= viskositas larutan = 0.000725 kg/m.s

Maka,

$$U_t = \frac{0.0001^2(8670 - 1000) 4444.4 \times 0.30}{18 (0.0007)} = 0.0022 \text{ m/s}$$

Untuk mencari  $r_1$ , dipakai persamaan,

$$q = \frac{\pi b \omega^2 (\rho_p - \rho) D p^2}{18 \mu} \frac{r_2^2 - r_1^2}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

Dimana:

$q$	= volumetrik flow rate
-----	------------------------

$$\begin{aligned}
 &= 0.0030 \text{ m}^3/\text{s} \\
 b &= \text{tinggi bowl, diasumsikan 1,5 kali jari-jari} \\
 &= 1,5 r^2 = 0.4572 \text{ m} \\
 0.0030 &= \frac{0.4894}{0.0131} \frac{0.30^2 - r_1^2}{\ln\left(\frac{0.30}{r_1}\right)} \\
 r_1 &= 0.0038 \text{ m} \\
 s &= \frac{r_2 - r_1}{2} \\
 &= 0.1505
 \end{aligned}$$

Residence time ( $t_T$ ) dapat dihitung dengan persamaan,

$$\begin{aligned}
 u_t &= \frac{s}{t_T} \\
 0.0022 &= \frac{0.1505}{t_T} \\
 t_T &= 68.0159 \text{ s}
 \end{aligned}$$

### Spesifikasi Centrifuge:

Jenis	= Centrifuge type disk
Fungsi	= Memisahkan kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$ dari mother liquornya
Rate volume	= $10.7658 \text{ m}^3/\text{jam}$
D bowl	= 24 inch = 0.61 m
Kec. Putar	= 4000 rpm
Settling velocity	= $0.0022 \text{ m/s}$
D disk	= 19.5 in
Jumlah lubang	= 144 buah
Jarak antar lubang	= 0.4 mm
Waktu tinggal	= $68.0159 \text{ s}$
Power motor	= 7.5 hp
Jumlah	= 1 buah

### 15. ROTARY DRYER (B-360)

Fungsi: Mengurangi kadar air pada kristal  $\text{Na}_3\text{PO}_4$

Kondisi Operasi:

Tekanan = 1 atm

T udara masuk,  $T_{G2}$  =  $95^\circ\text{C}$  =  $203^\circ\text{F}$



## Appendiks C Spesifikasi Alat

T udara keluar,  $T_{G1}$  =  $55^{\circ}\text{C}$  =  $131^{\circ}\text{F}$   
 T feed masuk,  $T_{s1}$  =  $55^{\circ}\text{C}$  =  $131^{\circ}\text{F}$   
 T feed keluar,  $T_{s2}$  =  $85^{\circ}\text{C}$  =  $185^{\circ}\text{F}$

**Tabel C.5** Komposisi Komponen Masuk:

Komponen	Rate massa (Kg/jam)	X	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\rho$ campuran (kg/m <sup>3</sup> )
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	4131.9275	0.9443	1620	1529.7370
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.9309	0.0002	500	0.1064
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	21.7188	0.0050	2540	12.6072
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3.1456	0.0007	1880	1.3515
NaOH	12.9421	0.0030	2130	6.2999
H <sub>2</sub> O	205.0693	0.0469	1000	46.8651
Total	4375.7343	1		1596.9671

Laju umpan masuk = 4375.7343 kg/jam  
 = 1985.3604 lb/jam

Densitas campuran = 1596.9671 kg/m<sup>3</sup>

Log Mean Temperature Difference (LMTD):

$$\Delta t_1 = 203 - 131 = 72^{\circ}\text{F}$$

$$\Delta t_2 = 185 - 131 = 54^{\circ}\text{F}$$

$$\begin{aligned}
 \text{LMTD} &= \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} \\
 &= \frac{72 - 54}{\ln \frac{72}{54}} \\
 &= 62.6765^{\circ}\text{F}
 \end{aligned}$$

Massa udara yang digunakan = 20866.8814 kg/jam

G adalah mass air velocity (0.5 – 5 kg/m<sup>2</sup>.det)

(Ulrich, Table 4-10)

$$\begin{aligned}
 G &= 0.5 \text{ kg/m}^2.\text{detik} \\
 &= 1800 \text{ kg/m}^2.\text{jam} \\
 &= 368.3380 \text{ lb/ft}^2.\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Area of Dryer} &= \frac{\text{massa udara}}{G} \\ &= \frac{20866.8814}{368.3380} \\ &= 56.6514 \text{ m}^2 \\ &= 609.7395 \text{ ft}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Area of Dryer} &= \frac{\pi \times D^2}{4} \\ 56.6514 &= \frac{\pi \times D^2}{4}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}D &= 8.4913 \text{ m} \\ &= 27.8585 \text{ ft}\end{aligned}$$

Kecepatan peripheral dryer 0.25-0.5 m/s  
(Perry ed. 6, halaman 20-33)

$$\begin{aligned}\text{kec. Peripheral} &= 0.25 \text{ m/s} \\ &= 15 \text{ m/menit}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{kec. Putar dryer (N)} &= \frac{\text{kecepatan periperal}}{D} \\ &= \frac{15}{8.4913} \\ &= 1.7665 \text{ rpm}\end{aligned}$$

Menghitung koefisien volumetrik heat transfer,  $U_a$ :

$$U_a = \frac{240 \times G^{0.67}}{D} \text{ (Ulrich, T 4-10)}$$

Keterangan:

$U_a$  = koefisien volumetrik heat transfer, (J/m<sup>3</sup>.s.K)

$G$  = gas mass velocity (kg/m<sup>2</sup>.s)

$D$  = diameter dryer (m)

$G = 0.5 \text{ kg/m}^2$ .

$D = 8.4913 \text{ m} = 27.8585 \text{ ft}$

$$\begin{aligned}U_a &= \frac{240 \times (0.5)^{0.67}}{8.4913} \\ &= 17.7643 \text{ J/m}^3.\text{s.K} \quad \text{(Ulrich, Table 4-10)}\end{aligned}$$

## Perhitungan panjang

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$Q = U \times V \times \Delta T \quad (\text{Perry edisi 7, pers 12-51})$$

$$V = \frac{\pi \times D^2 \times L}{4}$$

Keterangan:

Q = Panas Total, (J/s)

Ua = Koefisien volumetrik heat transfer, (J/m<sup>3</sup>.s.K)

V = volume drum (m<sup>3</sup>)

$\Delta T$  = LMTD (°K)

D = diameter drum (m)

L = panjang (m)

$$Q = 8144106.5864 \text{ kkal/jam} = 9465261.6549 \text{ J/s}$$

$$Q = U_a \times \frac{\pi \times D^2 \times L}{4} \times \Delta T$$

$$9465261.6549 = 17.7643 \times \frac{3.14 \times 8.4913^2 \times L}{4} \times 290.1925$$

$$9465261.6549 = 1167105.6497 \times L$$

$$\begin{aligned} L &= 8.1100 \text{ m} \\ &= 26.6009 \text{ ft} \end{aligned}$$

### Menghitung waktu tinggal dalam rotary dryer

$$\theta = \frac{0.23 L}{SN^{0.9} D} + 0.6 \frac{BLG}{F} \quad (\text{Perry edisi 7, pers 12-55})$$

Slope = 0.8 cm/m (Perry's ed.7, hal 12-56),

diambil 8 cm/m = 0.08 m/m

Dp = 10 mesh = 1680  $\mu\text{m}$  (Perry's ed.7 table 12-6)

B = 5 (Dp)<sup>-0.5</sup> (Perry's ed.7 pers. 12-56)

B = 5 x (1680)<sup>-0.5</sup>

$$= 0.1220$$

F = 4375.7343 kg/jam

$$= 1.8760 \text{ kg/jam.m}^2$$

$$\theta = \frac{0.23 L}{SN^{0.9} D} + 0.6 \frac{BLG}{F}$$

$$\theta = \frac{0.23 (8.1100)}{0.08 \times (1.7665)^{0.9} \times 8.4913} + 0.6 \frac{0.1220 \times 8.1100 \times 0.5}{1.2873}$$

$$\theta = 1.8760 \text{ menit}$$

$$\tan \alpha = S \times L$$

$$\begin{aligned}
 &= 8 \times 8.1100 \\
 &= 64.8802 \text{ cm} \\
 &= 0.6488 \text{ m} \\
 \alpha &= 32.9756^\circ
 \end{aligned}$$

### Perhitungan tebal shell

$$t = \frac{P R}{f \times E - 0.6 P} + C$$

Dipakai double welded butt joint,  $e = 80\%$   
 Tekanan maksimal diijinkan,  $f = 13700 \text{ psi}$   
 Tekanan operasi  $= 14.7 \text{ psi}$   
 Tekanan Desain tangki  $= 1.2 \times \text{Pop}$   $P = 17.64 \text{ psi}$   
 Faktor korosi,  $c = 0.125$

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{17.64 \times 27.8585}{2 \times 13700 \times 0.8 - 17.64} + 0.125 \\
 &= 0.1474 \text{ in}
 \end{aligned}$$

memakai tebal shell 3/16 in

### Menghitung isolasi

isolasi yang dipakai adalah  $= \text{batu setebal } 4 \text{ in}$   
 Diameter dalam rotary  $= 27.8585 \text{ ft}$   
 Diameter luar rotary  $= D_i + 2 \text{ ts}$   
 $= 27.8898 \text{ ft}$   
 Diameter rotary terisolasi  $= D_o + 2 \times \text{batu setebal}$   
 $= 28.5564 \text{ ft}$

### Perhitungan berat total:

a. Berat Shell

$$W_e = \pi/4 \times (D_o^2 - D_i^2) \times L \times \rho$$

Dimana:

$W_e$  = Berat shell  
 $D_o$  = diameter luar shell  $= 27.8898 \text{ ft}$   
 $D_i$  = diameter dalam shell  $= 27.8585 \text{ ft}$   
 $L$  = panjang Drum  $= 26.6009 \text{ ft}$   
 $\rho$  = density steel  $= 494.2 \text{ lb/ft}^3$

$$W_e = 3.14/4 \times (27.8898^2 - 27.8585^2) \times 26.6009 \times 494.2$$

### Appendiks C Spesifikasi Alat

$$= 17978.3745 \text{ lb}$$

b. Berat isolasi

$$W_e = \pi/4 \times (D_o^2 - D_i^2) \times L \times \rho$$

Dimana:

$W_e$  = Berat shell

$D_o$  = diameter luar isolasi = 28.5564 ft

$D_i$  = diameter dalam isolasi = 27.8898 ft

$L$  = panjang Drum = 26.6009 ft

$\rho$  = density steel = 19 lb/ft<sup>3</sup>

$$\begin{aligned} W_e &= 3.14/4 \times (28.5564^2 - 27.8898^2) \times 26.6009 \times 19 \\ &= 14930.1170 \text{ lb} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat total} &= \text{Berat shell} + \text{Berat Isolasi} + \text{Berat bahan} \\ &= 17978.3745 + 14930.1170 + 9646.8313 \\ &= 42555.3228 \text{ lb} \end{aligned}$$

#### Menghitung power rotary

$$H_p = \frac{N \times (4.75dw + 0.1925Dw + 0.33 W_e)}{100000}$$

$N$  = Putaran rotary = 1.7665 rpm

$d$  = diameter shell = 27.8585 ft

$w$  = berat bahan = 4375.7343 kg

= 9646.8313 lb

$D$  =  $d + 2$  = 27.8585 + 2

= 29.8585 ft

$W$  = berat total

$$\begin{aligned} H_p &= \frac{N \times (4.75dw + 0.1925Dw + 0.33 W_e)}{100000} \\ &= \frac{1.7665 \times (4.75 \times 27.8585 \times 9646.8313 + 0.1925 \times 29.8585 \times 42555.3228 + 0.33 \times 14930.1170)}{100000} \end{aligned}$$

$$= 26.9583 \text{ hp}$$

Asumsi efisiensi motor 80%,

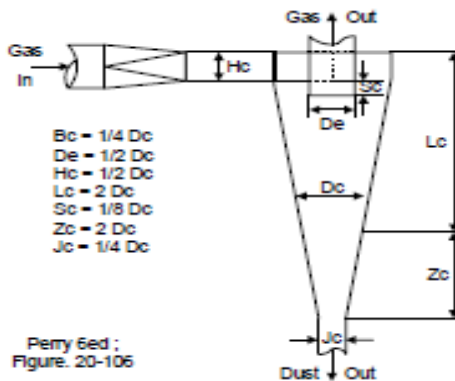
jadi power Rotary Dryer = 33.6979 hp

### Spesifikasi Rotary Dryer

Nama Alat	= B-360
Fungsi	= Mengurangi kadar air pada kristal $\text{Na}_3\text{PO}_4$
Jumlah	= 1 buah
Kapasitas	= 4375.7343 kg/jam
Diameter Dryer	= 8.4913 m
Panjang Dryer	= 8.1100 m
Kecepatan Putar	= 1.7665 rpm
Kemiringan	= $32.9756^\circ$
Power	= 33.6979 hp

### 16. CYCLONE (H-363)

Fungsi: Menangkap debu  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  dari rotary dryer



Laju alir bahan = 22843.5849 kg/jam

$\rho$  campuran =  $88.5087 \text{ kg/m}^3$

T gas masuk =  $70^\circ\text{C} = 158^\circ\text{F}$

$\mu$  udara ( $\mu_g$ ) = 0.018 cp = 0.078 kg/m.jam

$\rho$  udara ( $\rho_g$ ) =  $0.923 \text{ kg/m}^3 = 0.0576 \text{ lbm/ft}^3$

### Penentuan dimensi cyclone

## Appendiks C Spesifikasi Alat

$$D_{p,th} = \left( \frac{9 \times \mu_g \times Bc}{\pi \times N_s \times v_{in} \times (\rho_p - \rho_g)} \right)^{0.5} \quad (\text{Perry's 8ed, p:17-38})$$

Dimana:

$V_{in}$  = Kecepatan gas masuk cyclone = 20 m/s

(Perry 8th, p: 17-38)

Berdasarkan Perry edisi 8 grafik 17-38, diperoleh

$N_s$  = Jumlah putaran efektif dalam cyclone = 4

Dari Grafik 17-39 Perry edisi 8, untuk efisiensi = 98%,  
didapat:  $d_{pi}/D_{p,th} = 9$

$$d_{pi} = 0.425 \text{ mm} = 0.000425 \text{ m}$$

$$D_{p,th} = \frac{d_{pi}}{9} = 0.0000472 \text{ m}$$

$$0.0000472 = \left( \frac{9 \times 0.078 \times Bc}{3.14 \times 4 \times 20 \times (87.5857)} \right)$$

$$Bc = \frac{1.0390}{0.7020} = 1.4800 \text{ m}$$

### Dimensi cyclone

$$\begin{aligned} D_c &= 4 Bc &= 5.9200 \text{ m} \\ D_e &= \frac{1}{2} D_c &= 2.9600 \text{ m} \\ H_c &= \frac{1}{2} D_c &= 2.9600 \text{ m} \\ L_c &= 2 D_c &= 11.8400 \text{ m} \\ S_c &= \frac{1}{8} D_c &= 0.7400 \text{ m} \\ Z_c &= 2 D_c &= 11.8400 \text{ m} \\ J_c &= \frac{1}{4} D_c &= 1.4800 \text{ m} \end{aligned}$$

(Dari Perry 7ed, hal 17-27)

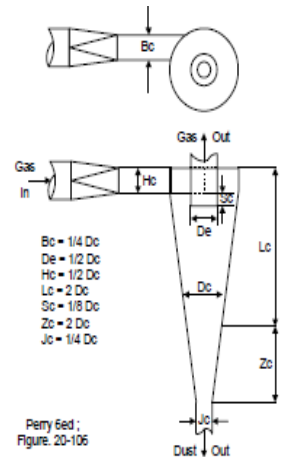
### Spesifikasi Cyclone

Nama Alat : H-363

Fungsi : Menangkap debu  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  dari rotary dryer

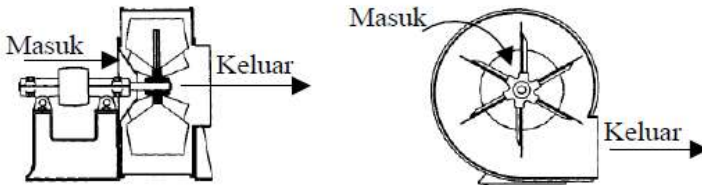
Kecepatan gas masuk : 20 m/s

Dimensi Cyclone



$D_c = 5.9200 \text{ m}$   
 $D_e = 2.9600 \text{ m}$   
 $H_c = 2.9600 \text{ m}$   
 $L_c = 11.8400 \text{ m}$   
 $Sc = 0.7400 \text{ m}$   
 $Z_c = 11.8400 \text{ m}$   
 $J_c = 1.4800 \text{ m}$

## 17. BLOWER (G-361)



Perhitungan Rate Udara:

$$\begin{aligned} \text{m udara} &= 20866.8814 \text{ kg/jam} \\ &= 46003.5858 \text{ lb/jam} \end{aligned}$$

$$\text{BM udara} = 28.84$$

$$\rho \text{ campuran pada P} = 1 \text{ atm,}$$

$$T = 30^\circ\text{C} = 546^\circ\text{R} \quad ,$$

$$\text{udarastd} = 492^\circ\text{R}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{492}{T} \times \frac{P}{1 \text{ atm}} \times \frac{BM}{359} \quad (\text{Himmelblau: 249}) \\ &= \frac{492}{546} \times \frac{1}{1 \text{ atm}} \times \frac{28.84}{359} \\ &= 0.0724 \text{ lb/cuft} \\ &= 1.1596 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate Volumetrik, Q} &= \frac{F}{\rho} \\ &= \frac{20866.8814}{1.1596} \\ &= 20898.8006 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Asumsi aliran turbulen = dipilih pipa 12 in

$$\text{OD} = 12.75 \text{ in} \quad (\text{Kern, Tabel 11})$$

$$\text{ID} = 11.938 \text{ in}$$

$$A = 15.77 \text{ in}^2$$



**Daya blower (P)**

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi } (\eta) &= 75\% \\ P &= \frac{144 \times \eta \times Q}{33000} \quad (\text{Perry \& Green, 1999}) \\ &= \frac{144 \times 0.75 \times 17995.4385}{33000} \\ &= 58.8942 \text{ hp}\end{aligned}$$

Maka dipilih blower dengan daya motor 59 hp

**Spesifikasi Blower**

Nama alat = G-361  
Tipe = Centrifugal blower  
Bahan = Carbon steel  
Rate Volumetrik = 17995.4385 m<sup>3</sup>/jam  
Power = 59 hp  
Jumlah = 1

**18. VIBRATING SCREEN**

Fungsi: Memisahkan Produk Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> menjadi dua bagian, onsize dan oversize

Kondisi Operasi: Tekanan = 1 atm  
Temperatur = 30°C  
Laju alir massa = 4252.2881 kg/jam  
= 1.1812 kg/s

**Dasar Perancangan:**

Rate Massa = 4252.2881 kg/jam  
Bulk Density = 56.1851 lb/cuft  
= 900 kg/m<sup>3</sup>  
Rate Volumetrik =  $\frac{4252.2881}{900}$   
= 4.7248 m<sup>3</sup>/jam

**Perhitungan:**

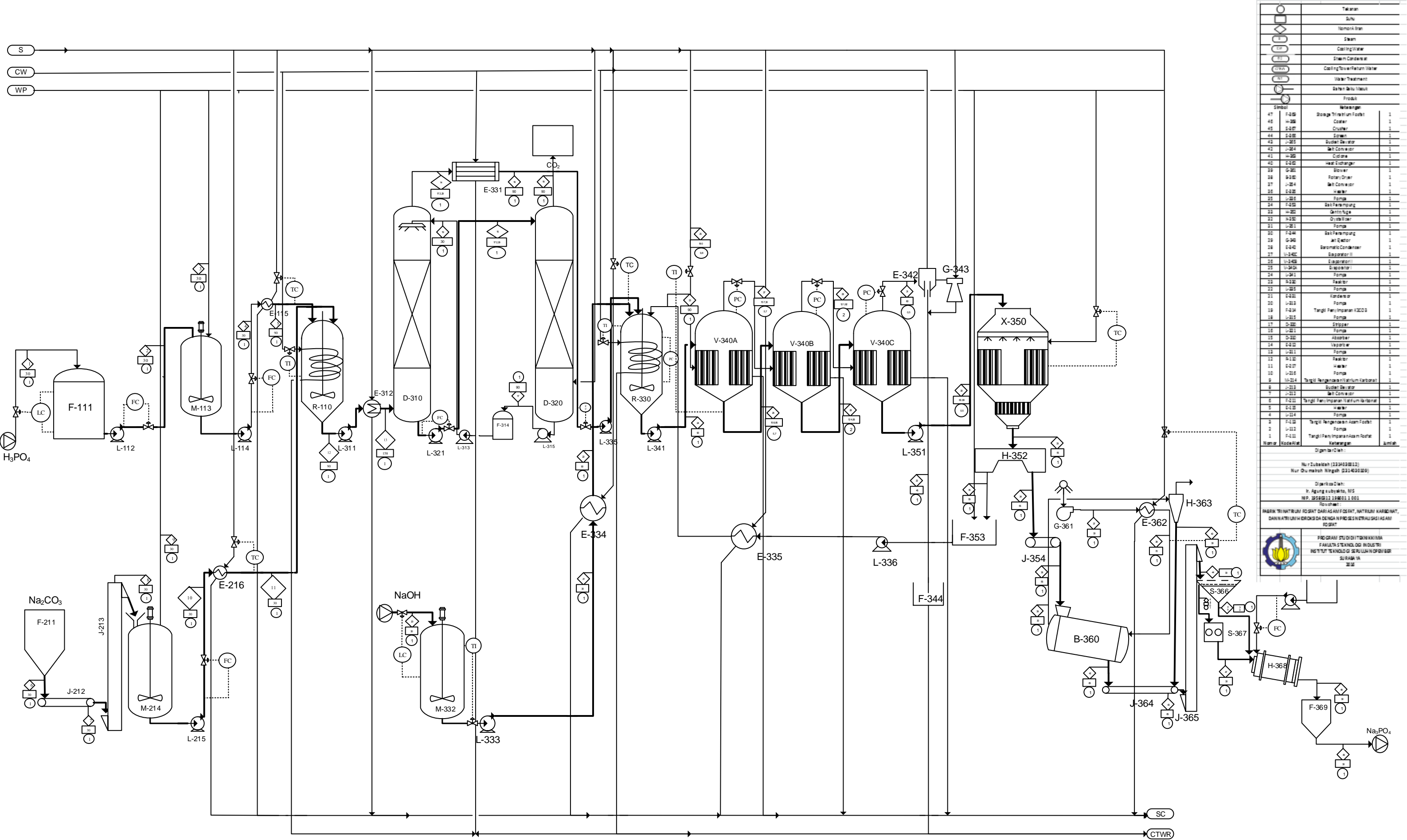
Power = 1600 rh (rh = kg/s)  
= 0.9450 kW  
= 1.2672 hp

**Spesifikasi:**

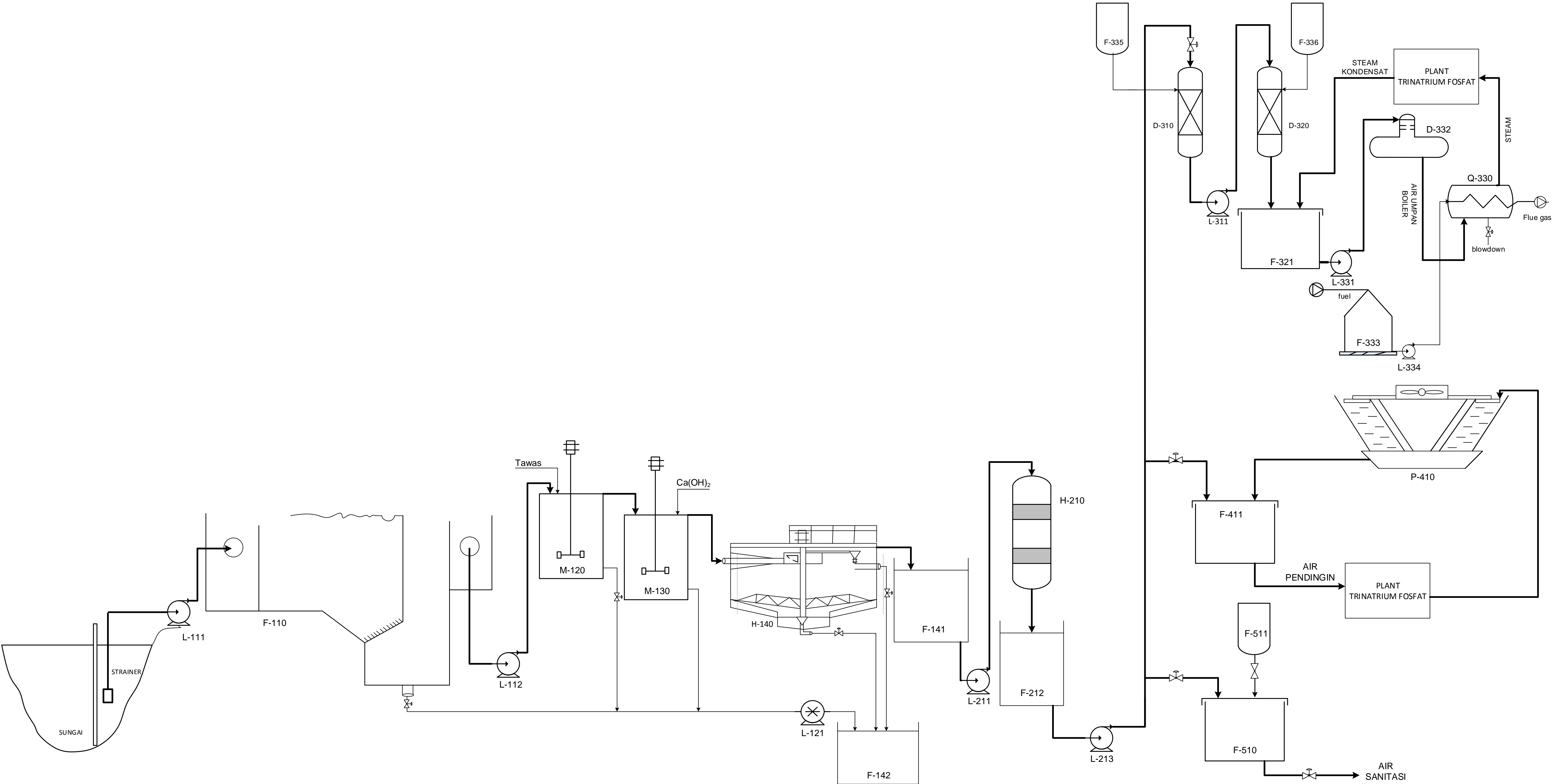
### *Appendiks C Spesifikasi Alat*

Fungsi: Memisahkan Produk  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  menjadi dua bagian, onsize dan oversize

Kapasitas	= 4252.2881 kg/jam
Rate Volumetrik	= 4.7248 m <sup>3</sup> /jam
Panjang Vibrating	= 5 m
Lebar Vibrating	= 1.5 m
Luas Vibrating	= 7.5 m <sup>2</sup>
Power	= 1 hp
Jumlah	= 1 unit



		Takaran	
		Silo	
		Membranbran	
		Steam	
		Cooling Water	
		Steam Condensat	
		Cooling Tower/Ketumpan Water	
		Water Treatment	
		Garam Gula Masak	
		Produk	
Simbol	Nama	Jumlah	
47	F-105	Storage Tank Unit Food	1
48	M-106	Control	1
49	D-107	Crystallizer	1
44	D-108	Screen	1
43	J-104	Suction Separator	1
42	J-104	Salt Conveyor	1
41	M-105	Control	1
40	D-103	Heat Exchanger	1
39	G-101	Blower	1
38	G-102	Rotary Dryer	1
37	J-104	Salt Conveyor	1
36	D-102	Heater	1
35	J-103	Screen	1
34	F-101	Salt Pans/Imping	1
33	M-101	Control Room	1
32	D-101	Crystallizer	1
31	J-101	Pompa	1
30	F-104	Salt Pans/Imping	1
29	G-103	Air Refactor	1
28	D-101	Saturated Condenser	1
27	F-102	Suspension II	1
26	V-103B	Suspension I	1
25	V-104A	Suspension I	1
24	J-101	Pompa	1
23	D-102	Reaktor	1
22	J-102	Pompa	1
21	F-103	Sedimentor	1
20	J-103	Pompa	1
19	F-104	Tangki Penyimpanan H <sub>2</sub> O2	1
18	J-103	Pompa	1
17	D-101	Stripper	1
16	J-101	Pompa	1
15	D-102	Absorber	1
14	D-101	Vaporizer	1
13	J-101	Pompa	1
12	F-102	Reaktor	1
11	D-101	Heater	1
10	J-101	Pompa	1
9	M-104	Tangki Pengendapan Natrium Karbonat	1
8	J-101	Crystallizer	1
7	J-101	Salt Conveyor	1
6	D-101	Tangki Penyimpanan Natrium Karbonat	1
5	D-102	Heater	1
4	J-104	Pompa	1
3	F-103	Tangki Pengendapan Asam Fosfat	1
2	J-102	Pompa	1
1	F-101	Tangki Penyimpanan Asam Fosfat	1
Nama	Kode Alat	Keterangan	Jumlah
Diambil dari file : .....			
Nur Subuloh (22340300012)			
Nur Chaleh Ningsih (22140300009)			
Di berikan oleh :			
Ir. Agung Subyektio, MS			
NIP. 19580312 196001 1 0001			
Rencana:			
BANKIR TRI NADIUM ROSAT DARI ASAM FOSFAT, NADIUM KARBONAT, DANI NADIUM HIDROKSIDA DARI ROSAT IN PROSES INDUSTRIASI ASAM ROSAT			
PROGRAM STUDI DI TINGKAT SARANA FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI INDIUSTRI TEKNOLOGI SEKOLAH DIKORPORASI SUKRAJA 2022			



27	F-510	Tangki Air Sanitasi	1
26	F-411	Tangki Air Pendingin	1
25	P-410	Cooling Tower	1
24	F-336	Tangki NaOH	1
23	F-335	Tangki H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1
22	L-334	Pompa Fuel Oil	1
21	F-333	Tangki Fuel Oil	1
20	D-332	Deaerator	1
19	L-331	Pompa ke Deaerator	1
18	Q-330	Boiler	1
17	F-321	Tangki Steam Kondensat	1
16	D-320	Anion Exchanger	1
15	L-311	Pompa	1
14	D-310	Kation Exchanger	1
13	L-213	Pompa Air Bersih	1
12	F-212	Tangki Air Bersih	1
11	L-211	Pompa	1
10	H-210	Sand Filter	1
9	F-142	Tangki Sludge	1
8	F-141	Tangki Penampung	1
7	H-140	Centerfeed Clarifier	1
6	M-130	Tangki Flokulasi	1
5	L-121	Pompa	1
4	M-120	Tangki Koagulasi	1
3	L-112	Pompa	1
2	L-111	Pompa Air Sungai	1
1	F-110	Tangki Skimming	1
Nomor	Kode Alat	Keterangan	Jumlah
Digambar Oleh :			
Nur Zubaidah 2314030012			
Nur Chumairoh Ningsih 2314030109			
Diperiksa Oleh :			
Ir. Agung Subyakto, MS.			
Flowsheet :			
UTILITAS PABRIK TRINATRIUM FOSFAT DARI ASAM FOSFAT, NATRIUM KARBONAT, NATRIUM HIDROKSIDA MENGGUNAKAN PROSES NETRALISASI ASAM FOSFAT			
		DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA INDUSTRI FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2017	

# BIODATA PENULIS

## PENULIS I



Nur Zubaidah. Dilahirkan di Surabaya, 06 Desember 1996, merupakan anak ke-1 dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Ujung Galuh, SDN Wonokusumo IV/45, SMPN 15 Surabaya, dan SMAN 7 Surabaya. Setelah lulus dari SMAN 7 Surabaya tahun 2014, penulis mengikuti Seleksi Ujian Masuk D3 ITS dan diterima di Program Studi Departemen Teknik Kimia Industri

Fakultas Vokasi pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP. 2314 030 012.

Selama kuliah, penulis pernah aktif berorganisasi sebagai staf di Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Kimia dalam Departemen Dalam Negeri (DAGRI) sebagai staff periode kepengurusan 2015/2016 dan 2016/2017.

Alamat email: [nurzubai@gmail.com](mailto:nurzubai@gmail.com)

## PENULIS II



Nur Chumairoh Ningsih. Dilahirkan di Gresik 07 November 1995, merupakan anak ke-3 dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Dharma Wanita Gresik, SDN Pongangan 1 Manyar Gresik, SMPN 3 Gresik, dan SMAN 1 Lumajang. Setelah lulus dari SMAN 1 Manyar Gresik tahun 2014, penulis mengikuti Seleksi Ujian Masuk D3

ITS dan diterima di Program Studi D3 Teknik Kimia FTI-ITS pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP. 2314 030 109.

Selama kuliah, penulis aktif berorganisasi di Himpunan Mahasiswa D3 Teknik Kimia dengan bergabung dalam bidang Akademik dan Kesejahteraan Mahasiswa (Akesma) sebagai staf periode kepengurusan 2015/2016 dan 2016/2017.

Alamat email: [uingnyoo@gmail.com](mailto:uingnyoo@gmail.com)